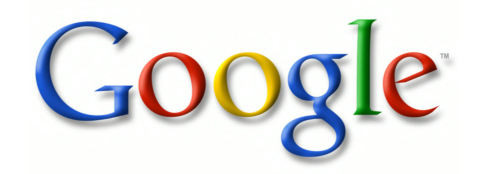
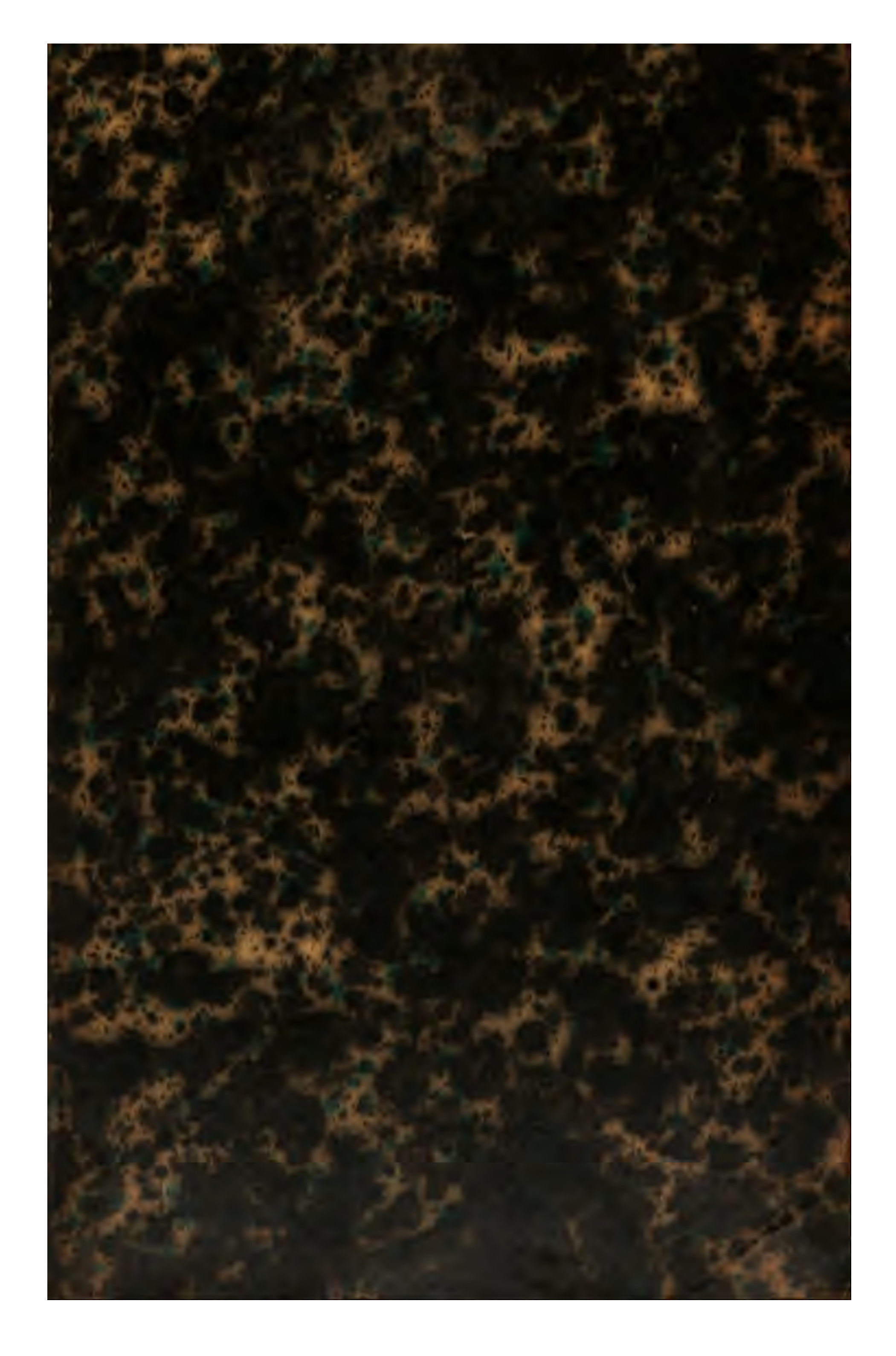





1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING



SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

ANNÉE 1882

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET IMPÉRIAL DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1882

DEUXIÈME VOLUME

PARIS

SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ

10, CITÉ ROUGEMONT, 10

—

1882

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JUILLET 1882

N° 7

Pendant le mois de juillet les questions suivantes ont été traitées :

1° *Chemin de fer à voie étroite*, lettre de M. Nordling. (Séance du 7 juillet, page 24.)

2° *Métallurgie électro-chimique*, lettre de M. Weil. (Séances des 7 et 31 juillet, pages 26 et 56.)

3° *Acoustique et optique des salles de réunions* (ouvrage de M. Lachèz, architecte. (Séance du 7 juillet, page 26.)

4° *Exposition d'électricité*, congrès des Électriciens. (Séance du 7 juillet, page 27.)

5° *Congrès international d'hygiène*, à Genève. (Séance du 7 juillet, page 28.)

6° *Loi sur les brevets d'invention au Brésil*, par M. Casalonga. (Séance du 7 juillet, page 28.)

7° *Chemin de fer métropolitain*. (Séance du 7 juillet, page 30.)

8° *La Seine fluviale et maritime*, discussion sur la communication de M. de Coene (sur). (Séance du 7 juillet, page 40.)

9° *Voies métalliques*, système Livesey, par M. Seyrig. (Séance du 21 juillet, page 61.)

10° *Statique* (la), par M. Piarron de Mondésir. (Séance du 21 juillet, page 68.)

11° *Thermodynamique*, (considérations expérimentales sur la), par M. Quéruel. (Séance du 21 juillet, page 71.)

Pendant le mois de juillet la Société a reçu :

De M. Cossmann, membre de la Société, un exemplaire de ses *Considérations sur l'emploi du Block-system.*

De M. Lachèz, architecte, un exemplaire de son ouvrage *Acoustique et optique des salles de réunions.*

De M. Chansselle, membre de la Société, un exemplaire de ses notes sur l'*Exposition internationale d'électricité.*

De M. Beckwith (Léonard), membre de la Société, un exemplaire de sa brochure sur le *Beton Coignet.*

De M. Armengaud jeune, un exemplaire des *Comptes rendus des séances de la Réunion internationale des Electriciens* réunis à l'Exposition internationale d'électricité, en 1881.

De M. Dubuisson, membre de la Société, un exemplaire de ses *Regains scientifiques.*

De M. Piarron de Mondésir, deux mémoires sur le *Principes des vitesses virtuelles.*

De M. Dru, membre de la Société, un exemplaire de sa note sur l'*Influence de l'introduction de la mer intérieure sur le régime des nappes artésiennes de la région des Chotts.*

De M. Janicki, membre de la Société, un exemplaire de son ouvrage intitulé : *Improvement of Non-Tidal Rivers*, par MM. Janicki, Jacquet et A. Pasqueau.

De M. Bergeron, membre de la Société, un exemplaire d'une note intitulée : *Improvement in The Permanent way of Railways.*

De M. Fousset, membre de la Société, un exemplaire d'une note de M. E. Chabrier, sur les *Chemins de fer en Algérie Kreider-les-Chotts-Mecheria.*

De M. le capitaine Geo. M. Wheeler un exemplaire de son ouvrage

intitulé : *Report upon United States Geographical Surveys west of the one hundreth Meridian.*

De M. Verdeaux, membre de la Société, une note sur l'*Avenir industriel dans la Russie méridionale.*

De M. Tellier, membre de la Société, un mémoire sur la *Thermodynamique appliquée à la production du froid et de la force motrice.*

De M. de Schryver, membre de la Société, un exemplaire de son *Etude sur les marteaux pilons.*

Les Membres nouvellement admis sont :

MM. Derschau (de),	présenté par MM.	Geneste, Somasco et Émile Trélat.
Desmarest,	—	Cerbelaud, Desmarest et Hauet.
Henrivaux,	—	Brüll, Lancel et Périssé.

STATIQUE

NOUVELLE DÉMONSTRATION

DU PRINCIPE DES VITESSES VIRTUELLES

PAR M. **PIARRON DE MONDESIR.**

J'ai déjà eu l'honneur de vous dire, dans une précédente communication que, pour moi, la mécanique était la science universelle.

Ses nombreuses applications sont l'objectif principal de notre Société; mais il n'entrera dans la pensée de personne d'entre nous que la mécanique appliquée, si étendu que soit son domaine, doive constituer à elle seule le champ de nos études et de nos travaux. Ce serait prononcer l'exclusion de la mécanique rationnelle, qu'il est indispensable de bien connaître pour ne pas être exposé à commettre des erreurs dans l'application.

J'espère donc que vous ferez bon accueil à la communication que je me propose de faire aujourd'hui, en soumettant à votre appréciation une démonstration entièrement nouvelle du *Théorème des vitesses virtuelles.*

Vous savez, Messieurs, que ce théorème est considéré comme le *principe fondamental* de la statique, par la raison qu'on en peut déduire immédiatement tous les autres principes de cette science, ainsi que toutes les conditions d'équilibre d'une machine quelconque.

On distingue, en statique, quatre principes généraux :

Celui du *levier*,

Celui du *parallélogramme des forces*,

Celui de l'*équilibre des forces parallèles*,

Celui des *vitesses virtuelles.*

Le principe du levier a été découvert par le grand Archimède, qui en a donné une démonstration aussi simple qu'ingénieuse. Des savants modernes, qui portent les noms de Galilée, de Stevin, d'Huyghens, ont cherché à la perfectionner et à la rendre plus rigoureuse. Mais il faut convenir, dit Lagrange dans sa *Mécanique analytique*, « qu'en « altérant la simplicité de cette démonstration, ils n'y ont presque rien « ajouté du côté de l'exactitude. »

Il est assez difficile de préciser le nom du véritable inventeur du principe du parallélogramme des forces.

Faut-il remonter jusqu'à Aristote, qui paraît avoir connu la composition des mouvements, à en juger par quelques passages de ses *Questions mécaniques?*

Est-ce Galilée, qui le premier a déterminé la courbe décrite par un corps pesant, sous la double influence de la gravité et d'une force de projection?

Est-ce Stevin, l'auteur du théorème sur l'équilibre de trois forces proportionnelles et parallèles aux trois côtés d'un triangle quelconque?

Est-ce Newton, qui a traité la question dans ses *Principes mathématiques?*

Est-ce Varignon, qui paraît avoir démontré le premier ce théorème dans sa *Nouvelle mécanique* parue en 1725?

Est-ce Descartes ou Roberval, ou Mersenne, ou Wallis qui tous se sont occupés de cette importante question?

Quoi qu'il en soit, il est possible de déduire de ce seul principe, comme l'a fait Varignon, une théorie complète de l'équilibre des forces dans les diverses machines.

Mais il est fort difficile de démontrer ce principe *à priori*, et aucune démonstration connue n'est à l'abri de la critique.

Quant au principe de l'équilibre des forces parallèles, il n'a pas l'importance de ceux du levier et du parallélogramme des forces; il est considéré généralement comme secondaire et, pour ainsi dire, comme une conséquence des deux premiers.

Toutefois, j'ai cru devoir le citer ici au premier rang, parce qu'un savant de nos jours, dont le nom restera acquis à la science, Poinsot, l'auteur d'un *Traité de statique*, remarquable entre tous, en a fait la base de tout son ouvrage.

Le principe des vitesses virtuelles n'était pas connu des anciens comme les trois précédents : c'est une conquête moderne de l'esprit humain.

D'après Lagrange, Guido Ubaldi aurait été le premier à signaler cette loi dans le levier et dans les moufles.

Galilée l'aurait ensuite reconnue dans le plan incliné et les machines qui en dépendent.

Descartes a fait également une application de ce principe quand il a dit : « Qu'il ne faut ni plus ni moins de force pour élever un poids à « une certaine hauteur qu'il en faudrait pour élever un poids plus pe- « sant à une hauteur d'autant moindre, ou un poids moindre à une « hauteur d'autant plus grande. »

Ce serait à Jean Bernouilli, toujours d'après Lagrange, que reviendrait l'honneur d'avoir reconnu le premier toute la généralité du principe et son application possible à tous les problèmes de la statique.

Après cet aperçu historique, emprunté pour la majeure partie à la mécanique analytique de Lagrange, je ne puis mieux faire, pour entrer en matière, que de reproduire ici la définition du principe des vitesses virtuelles, que l'on trouve à la page 20 du premier volume dudit ouvrage.

Je cite textuellement :

« Si un système quelconque de tant de *corps* ou *points* que l'on « veut, tirés chacun par des *puissances* quelconques, est en équilibre « et qu'on donne à ce système un petit mouvement quelconque, en « vertu duquel chaque point parcoure un espace infiniment petit qui « exprimera sa vitesse virtuelle, la somme des puissances multipliées « chacune par l'espace, que le point où elle est appliquée parcourt, « suivant la direction de cette même puissance, sera toujours égale « à zéro, en regardant comme positifs les petits espaces parcourus « dans le sens des puissances, et comme négatifs les espaces parcou- « rus dans un sens opposé. »

Pour bien comprendre cette définition, il faut d'abord préciser le sens des expressions de *corps*, de *points* et de *puissances* que Lagrange y a introduites, et que l'on retrouve, la première surtout pour ainsi dire, à chaque page de la *Dynamique* de d'Alembert.

Par *corps*, il faut entendre un solide invariable, de forme quelconque, qui ne possède par lui-même aucune propriété, et qui ne peut entrer en mouvement qu'à la condition d'être sollicité par une *puissance*.

D'Alembert dit lui-même, dans son *Traité de dynamique*, page 4 : « On appelle, en général, *puissance ou cause motrice*, tout ce qui « oblige un *corps* à se mouvoir. »

Voilà comment il faut comprendre l'expression de *corps*, suivant les idées des mécaniciens du siècle dernier.

Par *point*, il faut entendre, toujours suivant les mêmes idées, un corps dont les trois dimensions sont devenues infiniment petites, un corps condensé et réduit à sa plus simple expression.

Puissance est évidemment ici synonyme de force.

D'Alembert dit bien quelque part dans son livre que le mot *force* est un *terme obscur*.

Cela se comprend jusqu'à un certain point, à l'époque où d'Alembert écrivait; mais aujourd'hui aucune obscurité ne saurait subsister dans notre esprit quand il s'agit de donner à la force sa véritable signification. Nous savons tous que toute force qui agit à la surface de notre globe ne peut provenir que de la pesanteur ou gravité universelle, dont la loi si simple a été donnée par l'illustre Newton, en tant bien entendu qu'on ne sort pas du domaine de la statique et de la dynamique.

Par conséquent, dans la question qui nous occupe, chaque puissance peut être remplacée par un poids pendant verticalement à l'extrémité d'un cordon passant sur une poulie de renvoi, ainsi que cela est représenté sur la figure 1.

C'est, du reste, ainsi que procède Lagrange lui-même, quand il entreprend de démontrer le théorème des vitesses virtuelles, en se fondant sur le seul *principe des poulies*, qu'il considère comme un axiome, démonstration dont il sera question plus loin. Je pourrais donc invoquer au besoin l'autorité de l'illustre auteur de la mécanique analytique.

Il y aura alors autant de poids suspendus par des cordons verticaux, flexibles, inextensibles et impondérables qu'il y aura de puissances. Des poulies de renvoi, telles que I et K, seront intercalées sur la direction de toute puissance oblique, ou même de toute puissance agissant

verticalement de bas en haut. Pour les seules puissances agissant verticalement de haut en bas, la poulie de renvoi sera inutile.

Les poulies de renvoi I et K sont intercalées sur les directions des puissances, dont les points d'application sont en A et B, et qui sont représentées par les poids P et R.

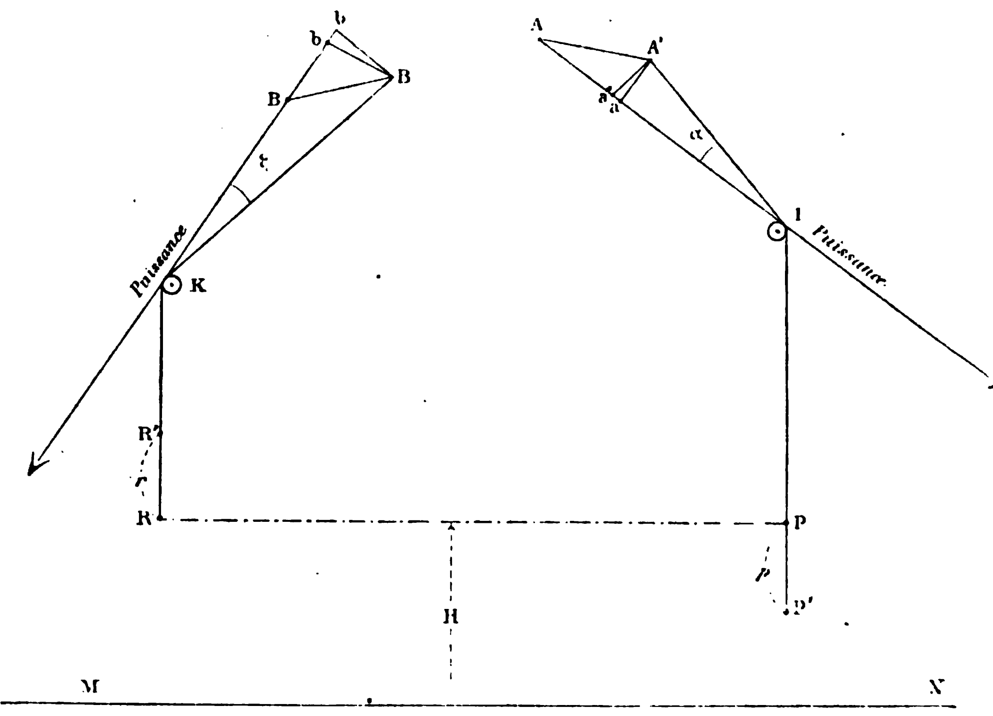


Fig. 1.

Ces deux poids, ainsi que tous les autres qui représentent les diverses puissances qui sollicitent le système et le maintiennent en équilibre, sont supposés réduits à l'état de points matériels pesants, tels que P et R, amenés au même niveau et à une certaine hauteur arbitraire H, en contre-haut d'un plan horizontal quelconque M N, qui va me servir de plan de comparaison.

Ces préliminaires établis, comme j'entreprends ici une démonstration directe du théorème des vitesses virtuelles sans m'appuyer sur aucun des autres principes généraux de la statique, vous allez sans doute me demander : mais quel est donc l'axiome, ou le principe qui puisse être admis comme axiome, sur lequel vous prétendez vous baser?

Ce principe, Messieurs, est aujourd'hui connu de vous tous. C'est un principe tout moderne, qui dérive naturellement de la notion du *travail mécanique*, notion féconde qui n'était pas encore entrée dans les esprits du temps de d'Alembert, ni même du temps de Lagrange.

On peut le définir en deux mots :

LE TRAVAIL MÉCANIQUE SE TRANSFORME, MAIS IL NE S'ANÉANTIT PAS.

Il est bien entendu qu'il s'agit ici d'une définition purement théorique, applicable à un système quelconque en mouvement, dans lequel on suppose nuls, et les frottements sur des axes ou sur des surfaces, et les résistances dues à l'atmosphère ambiante.

De ce grand principe de *la conservation du travail transformé* découle immédiatement cette conséquence :

Si nous considérons un système en mouvement, et si nous y constatons à une époque quelconque une certaine quantité de travail, sous quelque forme que ce soit, nous devons, à une autre époque quelconque du mouvement, retrouver cette même quantité de travail, sous quelque forme que ce soit.

Je le répète, Messieurs, ce grand principe dont la fécondité est inépuisable, est tout à fait moderne; on peut dire qu'il appartient à la dernière moitié de notre siècle.

Mais ce serait commettre une injustice envers notre grand philosophe d'Alembert, si nous ne reconnaissions ici que le principe qui porte son nom doit être considéré comme le germe du principe moderne.

Le principe de d'Alembert peut se résumer en ceci : *Dans tout système en mouvement, il n'y a pas de force perdue.*

Il n'y est question que de force et nullement de travail mécanique, par la raison que cette dernière notion était une inconnue du temps de d'Alembert.

Mais substituez dans l'énoncé de son principe le terme, travail mécanique au terme, force, et vous aurez le principe de la conservation du travail.

Vous voyez de suite, Messieurs, que pour l'application de notre grand principe aux divers problèmes de la mécanique, il est nécessaire, avant tout, de pouvoir évaluer le travail mécanique sous les diverses formes qu'il affecte.

Ces formes sont nombreuses; mais pour l'objet que nous avons en

vue, nous n'aurons besoin de considérer que les deux formes *statique* et *dynamique*.

La forme statique. — Considérons d'abord un corps pesant, réduit à l'état de point matériel et suspendu dans l'espace, par une cause quelconque, à une hauteur H, au-dessus d'un plan horizontal M N. C'est le cas des deux poids P et R de la figure 1.

Si l'on détruit instantanément la cause qui tient le poids P en équilibre, il tombera de la hauteur H sur le plan M N, et développera le travail mécanique P H, qui représente en kilogrammètres le produit du poids P par sa hauteur de chute H.

Cette quantité de travail P H que possède le poids P, par rapport au plan horizontal M N, est entièrement due à l'action de la pesanteur : elle est à l'état statique.

Dans mes Dialogues sur la Mécanique, je désigne cette quantité de travail par le terme de *magasin de travail statique*. Plusieurs personnes m'ont fait remarquer *la vulgarité* de cette expression ; comme je n'y tiens pas d'une manière absolue, j'emploierai ici un mot nouveau, qui paraît être assez généralement adopté, celui de *potentiel*.

Je désignerai donc le produit P H par *potentiel statique*.

La forme dynamique. — J'arrive maintenant à la forme dynamique.

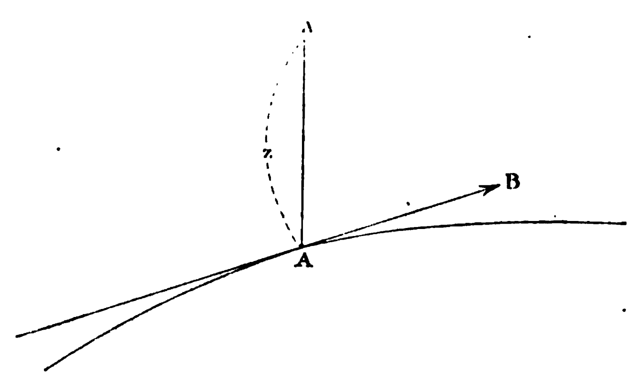


Fig. 2.

Je suppose un corps pesant, de masse *m* lancé dans l'espace, un projectile, par exemple (fig. 2), et qui se trouve animé d'une vitesse *u* quand il est parvenu en un point quelconque A de sa course.

Il est clair que ce corps en mouvement, indépendamment du potentiel statique S qu'il pourra posséder, par rapport à un plan horizontal quelconque, possédera en outre un certain potentiel dynamique D, qu'il s'agit d'évaluer.

Pour cela, j'observe tout d'abord que ce nouveau potentiel ne peut être fonction que du poids du mobile, qui se trouve actuellement en A, et de la vitesse u actuellement dirigée suivant la tangente A B à la trajectoire qu'il décrit. Il est évident que la direction de cette vitesse u ne doit point entrer dans la valeur de D, et que c'est l'intensité seule de cette vitesse qui est ici à considérer.

Il me sera donc permis de changer la direction de cette vitesse, tout en conservant son intensité, et de supposer que le mobile une fois parvenu en A se trouve instantanément dirigé suivant la verticale A A′, avec sa vitesse actuelle u.

Que se passera-t-il alors?

Le mobile va s'élever graduellement sur la verticale A A′, avec une vitesse allant sans cesse en diminuant depuis u jusqu'à o. Quand il sera parvenu en A′ et qu'il sera remonté de la hauteur z, sa vitesse sera annulée et son potentiel dynamique D entièrement détruit; mais il aura acquis un supplément de potentiel statique égal à $m\,g\,z$.

Faisons ici l'application du principe de la conservation du travail transformé, et nous dirons : le potentiel dynamique D s'est évidemment transformé dans le potentiel statique supplémentaire $m\,g\,z$.

Donc, $$D = m\,g\,z.$$

Maintenant le mobile, une fois parvenu en A′, avec une vitesse nulle, va descendre librement suivant la verticale A′ A, puisqu'il est soumis à l'action de la pesanteur; quand il atteindra le point A, son potentiel statique supplémentaire $m\,g\,z$ se trouvera à son tour annulé et remplacé par le potentiel dynamique D.

Mais alors le mobile aura reconquis sa vitesse primitive u, laquelle est donnée, d'après la loi de la chute des graves, par l'équation :

$$(1) \qquad u^2 = 2g\,z, \text{ d'où } g\,z = \frac{u^2}{2}.$$

Nous aurons donc finalement :

$$(2) \qquad D = m\,g\,z = \frac{m\,u^2}{2}.$$

Ce qui nous indique clairement que *le potentiel dynamique d'un mobile n'est autre que sa force vive.*

Ainsi donc, si nous considérons deux époques quelconques dans le mouvement d'un système où le travail n'affecte que les deux formes statique et dynamique, et si $S\,o + D\,o$ est la somme des potentiels statiques et dynamiques à la première époque, $S + D$ représentant cette même somme à la seconde époque, le grand principe du travail transformé s'exprimera par l'équation très simple :

$$S o + D o = S + D. \qquad (3)$$

Et, comme on sait évaluer maintenant S et D, cette équation permettra de résoudre tous les problèmes de la statique et de la cinématique, puisque dans ces deux branches de la mécanique rationnelle le travail n'affecte que les deux formes S et D.

Elle présente toute la généralité possible ; elle comprend le principe de d'Alembert, le principe de la conservation des forces vives, et, comme nous le verrons tout à l'heure, le principe des vitesses virtuelles.

Mais avant de l'appliquer à ce dernier cas, je vous demanderai de me permettre de l'appliquer d'abord à la machine la plus simple entre toutes celles connues, à la poulie. Cette application préliminaire ne

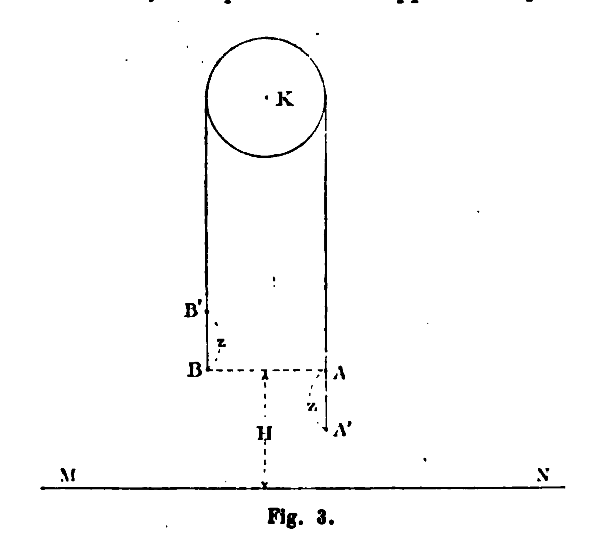


Fig. 3.

sera pas inutile pour la démonstration complète du théorème des vitesses virtuelles (fig. 3).

Je vais donc considérer deux poids inégaux de masse m et m', réduits à l'état de points matériels et suspendus aux deux extrémités d'un même fil engagé dans la gorge de la poulie K.

Le fil est supposé flexible, inextensible et impondérable.

La poulie K est supposée tourner sans frottement sur son axe, et tout le système est supposé se mouvoir sans éprouver aucune résistance de la part de l'atmosphère ambiante.

Nous supposerons en outre que le moment d'inertie de la poulie est nul, et nous n'aurons point ainsi à tenir compte de la quantité de travail, à l'*état dynamique tournant*, qui se trouve emmagasinée dans la poulie quand elle tourne sur son axe : c'est un troisième potentiel, le *potentiel tournant*, celui qui existe dans tout volant en mouvement, et que je ne signale ici qu'en passant, n'en ayant pas besoin pour le but que j'ai en vue.

A l'origine du mouvement, les deux masses m et m' sont situées en A et en B, à la même hauteur H au-dessus du plan de comparaison M N. Elles sont, à cette première époque, supposées au repos. Nous aurons alors :

$$S_0 = (mg + m'g)\,H, \qquad \text{et} \qquad D_0 = o.$$

Au bout d'un temps quelconque t, la masse m, plus grande que m', est descendue de A en A', de la hauteur z, et la masse m' est remontée de B en B' de cette même hauteur z. A cette seconde époque, les deux masses ont acquis la vitesse commune, $u = \frac{dz}{dt}$. Nous aurons donc :

$$S = mg\,(h - z) + m'g\,(h + z);$$

$$D = \frac{m + m'}{2}\,u^2 = \frac{m + m'}{2}\left(\frac{dz}{dt}\right)^2.$$

L'équation (3) devient alors, après réductions :

$$mgz - m'gz = \frac{m + m'}{2}\left(\frac{dz}{dt}\right)^2.$$

Et l'on en tire immédiatement :

$$(4) \qquad u^2 = \left(\frac{dz}{dt}\right)^2 = \frac{m - m'}{m + m'} \times 2gz.$$

C'est, comme vous le reconnaissez, la formule de la machine d'Atwood.

Il suffit de la transformer, par une intégration des plus élémentaires, pour en déduire la vitesse *u* et l'espace parcouru *z* en fonction du temps *t*.

Je crois inutile de faire ici ces calculs et d'entrer dans une discussion sur un sujet qui vous est parfaitement connu. Je me bornerai à vous faire remarquer que si la masse *m'* est nulle, la formule (4) devient identique avec la formule (1), ce qui doit être, puisque la masse *m* tombe alors librement.

J'arrive enfin au système en équilibre décrit par Lagrange dans sa définition du principe des vitesses virtuelles. Reportons-nous à la figure 1.

Sur l'un quelconque des poids qui se trouvent suspendus à la hauteur commune H, au-dessus du plan horizontal de comparaison M N, sur le poids P, par exemple, je place un poids supplémentaire et infiniment petit ε.

Un petit mouvement va se produire dans le système, dont l'équilibre se trouvera ainsi rompu.

Le poids P descendra, sous l'influence de la surcharge ε, et avec lui un certain nombre de poids P_1, P_2,..... P_m.

Le poids R remontera, ainsi qu'un certain nombre de poids R_1, R_2....., R_n.

Il est évident que si le système est en *équilibre stable*, le mouvement s'arrêtera quand le poids P, par exemple, sera descendu de la hauteur *p*, et que le poids R sera remonté de la hauteur *r*. Et, comme le système ne sera pas en équilibre dans cette seconde position, un petit mouvement contraire se manifestera, qui ramènera tous les poids à leur position primitive, où la vitesse s'annulera pour la deuxième fois. Le mouvement du système sera donc alternatif, le poids P décrivant la verticale P P′ et le poids R la verticale R R′. Il serait perpétuel sans les résistances passives.

Tel est l'effet d'oscillation qui se produira si l'équilibre est stable.

Si l'équilibre est *instable*, comme dans le cas de la poulie que nous venons d'analyser, il est clair que, sous l'influence de la surcharge ε, quoique intimement petite, le mouvement ne s'arrêtera pas et que les poids P descendront indéfiniment, tandis que les poids R remonteront indéfiniment.

Il nous faudra donc considérer séparément les deux cas de l'équilibre stable et de l'équilibre instable, si nous voulons approfondir la question et en donner une solution complète.

1er cas. — *Équilibre stable.* — Nous pouvons choisir ici, pour les comparer entre elles, les deux époques où la vitesse du système s'annule, et l'équation générale (3) se réduira à :

$$S_0 = S. \tag{5}$$

Nous aurons alors :

$$S_0 = \varepsilon H + PH + P_1 H + \ldots\ldots + P_n H + RH + R_1 H + \ldots\ldots + R_n H;$$

$$S = \varepsilon(H - p) + P(H - p) + P_1(H - p_1) +$$

$$+ \ldots\ldots + P_n(H - p_n) + R(H + r) + R_1(H + r_1) + \ldots\ldots + R_n(H + r_n).$$

Ce qui nous donnera, après réductions et en négligeant l'infiniment petit du second ordre, εp :

$$Pp + P_1 p_1 + \ldots\ldots + P_n p_n = Rr + R_1 r_1 + \ldots\ldots + R_n r_n.$$

Soit, en employant une notation abrégée :

$$\Sigma Pp = \Sigma Rr. \tag{6}$$

Il est maintenant facile de voir que les descentes p ne sont autres que les chemins parcourus par les points d'application des puissances P, suivant la direction de ces puissances.

Il suffit pour cela de jeter un coup d'œil sur la figure 1. Nous y remarquons que le point A, par exemple, où est appliquée la puissance P, est venue en A'. Le cordon qui soutient le poids P et qui passe sur la poulie de renvoi I, est maintenant dirigé suivant IA' et fait un angle α avec sa direction primitive IA. Cet angle α sera d'autant plus petit que la poulie I, dont la position est arbitraire sur la direction de la puissance P, sera plus éloignée du point d'application A. Comme, d'ailleurs, le déplacement AA' est déjà lui-même infiniment petit, il est clair que l'angle α doit être considéré également comme infiniment petit.

Décrivons du point I comme centre l'arc de cercle $A'a'$, et abaissons

du point A′ la perpendiculaire A′a sur I A ; la distance aa' sera la différence entre le rayon et le cosinus de l'angle α. Cette différence est donnée par la formule connue :

$$1 - \cos\alpha = \frac{\alpha^2}{2} - \frac{\alpha^4}{2.3.4} + \ldots\ldots$$

aa' est donc un infiniment petit du second ordre.

Or, la descente p est évidemment égale à Aa', et le chemin parcouru par A, suivant la direction A I, est égal à Aa, projection de AA′ sur A I. Ces deux quantités infiniment petites, p et Aa, ne diffèrent donc entre elles que par un infiniment petit du second ordre.

Par conséquent, les descentes p sont bien les chemins parcourus par les points d'application des diverses puissances P suivant les directions de ces puissances.

Tout ce que je viens de dire sur la puissance P s'applique à la puissance R, dont le cordon passe sur la poulie K et qui est appliquée au point B. La montée r du poids R et la projection du déplacement BB′ sur le prolongement de la direction KB, sont deux quantités ne différant entr'elles que par un infiniment petit du second ordre.

Les montées r sont donc bien les chemins parcourus par les points d'application des diverses puissances R, suivant les prolongements de leurs directions.

Il résulte de tout ceci que l'équation (6) est l'expression analytique *rigoureusement exacte* du principe des vitesses virtuelles, tel que Lagrange l'a défini, dans le cas où l'équilibre du système est stable.

2me cas. — *Équilibre instable.* — Il nous faudra ici prendre, pour la deuxième époque du mouvement, l'instant où le poids P est descendu en P′, et le poids R remonté en R′.

La première époque sera, comme dans le cas précédent, l'instant où l'on superpose sur le poids P la surcharge infiniment petite ε. L'équation (3) se réduira alors à :

$$S_0 = S + D. \qquad (7)$$

Les valeurs de S_0 et de S sont les mêmes que dans le cas de l'équilibre stable.

Pour estimer le potentiel dynamique D, désignons par $u, u_1, \ldots u_m$ les vitesses des poids $P, P_1, \ldots P_m$, et par $v, v_1, \ldots v_n$ celles des poids $R, R_1, \ldots R_n$ au moment de la deuxième période. La valeur du potentiel dynamique sera évidemment :

$$D = \frac{\varepsilon u^2}{2g} + \frac{Pu^2}{2g} + \frac{P_1 u_1^2}{2g} + \ldots + \frac{P_m u_m^2}{2g} + \frac{Rv^2}{2g} + \frac{R_1 v_1^2}{2g} + \ldots + \frac{R_n v_n^2}{2g};$$

soit, en négligeant le terme en ε et en employant la notation abrégée du Σ,

$$D = \Sigma \frac{Pu^2}{2g} + \Sigma \frac{Rv^2}{2g}.$$

Il est clair dès lors que l'équation (3) prendra la forme suivante :

$$\Sigma Pp = \Sigma Rr + \Sigma \frac{Pu^2}{2g} + \Sigma \frac{Rv^2}{2g}. \tag{8}$$

Il s'agit maintenant de faire voir que les carrés u^2 et v^2, des vitesses des poids P et R, sont des infiniment petits du second ordre par rapport aux déplacements p et r.

Si le poids supplémentaire ε tombait librement, sa vitesse u_0, correspondante à la chute p, serait donnée par l'équation (1), et l'on aurait :

$$u_0^2 = 2g\,p.$$

Ce qui nous indique que, dans ce cas, le carré de la vitesse du poids ε serait un infiniment petit du même ordre que p.

Mais la vitesse réelle u, du poids ε et par suite du poids P est beaucoup moindre que u_0, puisque ce poids ε détermine à lui seul le mouvement de tous les poids P et R du système.

Il est évident que cette vitesse u sera d'autant plus réduite qu'il y aura plus de poids à mettre en mouvement.

D'autre part, il faut bien admettre que le nombre des poids qui tiennent le système en équilibre est au moins égal à deux, un poids P et un poids R.

Le maximum relatif de la vitesse u se produira donc quand le système ne comportera que deux poids. Et, comme on peut toujours ad-

mettre que la surcharge ε ait été placée sur le plus petit des deux, on voit que le maximum dont il s'agit se produira dans le cas où les deux poids seront égaux.

Or, ce cas est précisément celui de l'équilibre de la poulie.

Si donc, dans l'équation (4), nous faisons :

$$m - m' = \frac{\varepsilon}{g},\ m + m' = \frac{2P + \varepsilon}{g},\ \text{soit}\ \frac{2P}{g},\ z = p,$$

nous aurons pour le maximum relatif de la vitesse u :

$$u^2 = \frac{\varepsilon}{2P} \times 2g\,p = \frac{\varepsilon g p}{P}.$$

Par conséquent, les carrés des vitesses u des poids P, ainsi que les carrés des vitesses v des poids R, doivent être considérés comme des infiniment petits de second ordre, par rapport aux déplacements p et r, puisque ε est lui-même un infiniment petit.

On peut donc supprimer dans l'équation (8) les termes $\Sigma \frac{Pu^2}{2g}$ et $\Sigma \frac{Rv^2}{2g}$, ce qui la ramène à l'équation (6).

En résumé, que l'équilibre du système soit stable ou instable, le principe des vitesses virtuelles, tel que Lagrange l'a défini, s'exprime toujours par l'équation :

$$\Sigma\, Pp = \Sigma\, Rr.$$

Je répète que cette expression est *rigoureusement exacte*. Elle a lieu pour tout mouvement infiniment petit du système, et pour tout mouvement contraire, par la raison que le poids supplémentaire ε qui détermine le mouvement, peut être placé en surcharge sur l'un quelconque des poids qui tiennent le système en équilibre.

Supposons qu'on place successivement la surcharge ε sur chacun des poids qui sollicitent le système et que toutes les équations $\Sigma\, Pp = \Sigma\, Rr$ que l'on obtiendra soient identiques, il est clair qu'on devra en conclure que l'équilibre du système considéré ne comporte qu'une seule condition.

Mais si toutes les équations qu'on obtiendra ainsi ne sont pas identiques, et si, par exemple, deux d'entr'elles sont différentes, il faudra en conclure que l'équilibre du système comporte deux conditions. C'est ce que nous aurons occasion de vérifier plus loin.

Vous voyez, Messieurs, que l'équation $\Sigma\, P p = \Sigma\, R r$ dérive immédiatement de l'équation $S_0 = S$, laquelle est l'expression du principe de la conservation du travail transformé quand on compare entre elles deux positions quelconques d'un système où la vitesse se trouve annulée, ou bien deux positions infiniment voisines d'un système en équilibre.

Je me propose, Messieurs, dans une seconde communication, aussi concise que celle-ci, de déduire directement, soit de l'équation $\Sigma\, Pp = \Sigma\, Rr$, soit de l'équation plus générale $S_0 = S$, les trois principes généraux que j'ai mentionnés en commençant, ainsi que les conditions d'équilibre des principaux appareils de la statique.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUILLET 1882

Séance du 7 Juillet 1882.

PRÉSIDENCE DE M. Émile TRÉLAT.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 16 juin est adopté.

A propos du procès-verbal, M. Bergeron demande que le modèle de support de rail, qui a fait le sujet de sa communication, soit exposé dans le local de la Société, afin que les membres de la Société puissent apprécier la portée de la traverse Livesey.

M. LE PRÉSIDENT fait part du décès de MM. Douine, Lemaréchal et Rancès. Vous savez tous, Messieurs, ce que nous devons à la mémoire de notre maître, M. Eugène Flachat, beau-père de M. Rancès; la Société ne peut manquer d'associer la douleur qui frappe sa fille, aux regrets éternels que ce grand maître a laissés ici.

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. Gallois (Charles), a été nommé chevalier de la Légion d'honneur.

Il est donné lecture de la lettre suivante de M. Nordling.

Mon cher Président,

A peine l'armée autrichienne avait-elle envahi la Bosnie, en automne 1878, qu'elle éprouva les plus grandes difficultés de ravitaillement. L'intendance payait jusqu'à 3 fr. 60 par tonne et par kilomètre, et ne pouvait cependant pas répondre de la subsistance du corps d'occupation, car les routes ouvertes à la hâte par le génie militaire, menaçaient de devenir impraticables. Dans cette extrémité, le ministre de la guerre décida l'établissement d'un chemin de fer provisoire, partant de la place de Brood sur la Save et

se dirigeant à peu près du Nord au Sud, vers la capitale, Bosna-Séraï ou Sarajevo. Pour aller plus vite, on devait utiliser des voies et wagons au faible écartement de voie de 0m,76, restés disponibles d'une entreprise de terrassement.

On construisit ainsi 190 kilomètres de chemin de fer, avec des rayons de 50 et même de 40 mètres, avec des déclivités de 14 millimètres par mètre, franchissant quatre fois la rivière de Bosna, sur des ponts de 130 à 190 mètres de débouché et aboutissant à la petite ville de Zenica.

Ce chemin de fer improvisé, qui ne devait transporter que les munitions de guerre et les subsistances militaires, et qui, une fois l'occupation consommée et assurée, devait disparaître, se vit bientôt entraîné à effectuer des transports de troupes et à ouvrir ses gares aux voyageurs civils et aux marchandises du commerce. Il subsiste encore aujourd'hui et, à force de renouvellements et de parachèvements, il est devenu l'artère principale de ce pays de 500 myriamètres carrés, arraché à l'inertie orientale.

Zenica n'étant pas un terminus convenable, on travaille en ce moment avec la plus grande activité à prolonger la ligne d'environ 80 kilomètres, jusqu'à Sarajevo. L'ouverture de ce prolongement doit avoir lieu au mois de septembre prochain. On aura alors 270 kilomètres de voie étroite!

270 kilomètres de voie principale à l'écartement de 0m,76, parcourus par des trains-poste, des trains militaires et de marchandises m'ont semblé être une particularité assez rare pour être signalée à la Société. C'est pourquoi je lui ai adressé (il y a quelques jours), un exemplaire d'une notice que je viens de publier sous le titre de « Bosnabahn » (Extrait du recueil de MM. Hostmann et Koch, intitulé : *Mittheilungen über Localbahnen*).

Depuis la rédaction du travail en question, j'ai visité les lieux et j'y ai trouvé parmi le matériel roulant commandé pour le prolongement, ce que j'avais annoncé d'après les documents officiels à savoir : une locomotive remorquant 120 tonnes sur les rampes de 14 millimètres par mètre, des voitures à voyageurs très confortables, et des wagons à marchandises pouvant charger 6 tonnes ou 24 soldats. Avec ce nouveau matériel on peut former des trains militaires chargeant jusqu'à 550 hommes, soit un demi-bataillon de guerre.

Une fois sur les lieux, je ne me suis pas arrêté au bout des rails; j'ai parcouru la Bosnie et l'Herzégovine dans toute leur étendue, jusqu'aux bords de l'Adriatique, jusqu'à Raguse, cette conquête extrême du premier empire. Je ne connais pas de pays plus rebelle à l'établissement de chemins de fer que ceux en question. Ils sont littéralement couverts de montagnes et divisés en une infinité de bassins, dont beaucoup présentent cette particularité bizarre qu'ils n'ont aucune issue, pas même du côté de la mer. Telle rivière qui, après un parcours de 50 kilomètres, a atteint la largeur respectable de 100 mètres, disparaît tout à coup dans un gouffre, sauf à former un vaste lac, quand dans certaines saisons le débit devient trop fort. La plupart des vallées sont fort étroites, sinueuses et profondément encaissées, et les cols qui séparent ou plutôt qui réunissent les différents bassins sont

à des altitudes, qui varient communément entre 1,000 et 2,000 mètres, tandis qu'au Nord, à la Save, il faut partir d'une cote voisine de 80 et qu'au Sud il s'agit de descendre au niveau de la mer.

A ces obstacles naturels viennent s'ajouter des difficultés économiques. La population est extrêment clairsemée et inculte, et, par suite, le trafic généralement minime. Même sur l'artère principale, sur la ligne de la Bosna, entre Brood et Zenica, la recette kilométrique n'a pas dépassé, l'an dernier, le chiffre de 3,600 francs !

Je n'ai garde de vouloir généraliser ma conclusion, mais je ne crains pas de dire, que si la Bosnie, l'Herzégovine, la Dalmatie, le Monténégro, l'Albanie, en un mot tout le littoral oriental de l'Adriatique, long d'un millier de kilomètres, doivent être gagnés à la civilisation, il faut les couvrir au plus tôt d'un réseau de chemins de fer ; que ce réseau, qui par son étendue même échappera à l'objection banale du transbordement, ne peut être, économiquement, qu'à voie étroite, et enfin, que je considère comme une circonstance heureuse que l'administration militaire autrichienne y ait fait prévaloir le très faible écartement de $0^{m},76$.

Veuillez, agréer, mon cher Président, etc.

W. Nordling.

M. le Président remerciera, au nom de la Société, M. Nordling de cette intéressante communication, sur une solution si bien proportionnée aux ressources disponibles et aux besoins à satisfaire.

M. le Président donne lecture d'une lettre de M. Weil, relative à la communication faite par M. Douau, le 11 novembre dernier, sur la métallurgie électro-chimique.

M. Douau demande la parole pour répondre à cette lettre.

En l'absence de M. Weil et à la suite d'observations de plusieurs membres, M. le Président met aux voix la remise de la discussion à la prochaine séance. Cette proposition est adoptée.

M. Armengaud propose de renvoyer l'insertion de la lettre à la prochaine séance.

M. le Président. Parfaitement.

M. Douau. C'est ce que je demandais.

M. le Président. Messieurs, la Société a reçu de M. Lachèz, l'hommage de son livre intitulé : *Acoustique et optique des salles de réunion*. Ce livre est un ouvrage important. Réédité après de longues années, il est présenté à la Société, accompagné d'une lettre d'un de nos anciens présidents, M. Muller; je dois vous lire cette lettre.

Monsieur le Président,

M. Lachèz, architecte, me prie d'offrir en son nom à la Société des Ingénieurs civils, son livre sur l'*Acoustique et optique des sàlles de réunion*.

Je n'ai pas à dire l'intérêt que j'attache en ce moment à la publication de cet ouvrage, mais je me fais un devoir de signaler ce fait que, dans son récent rapport à M. le ministre de l'Instruction publique, M. Wurtz, mentionne comme chose nouvelle et intéressante, la courbe des gradins d'amphithéâtre qu'il a observée dans ses nombreuses visites à l'étranger.

Or, si j'ai bonne mémoire, c'est M. Lachèz qui, le premier, a étudié l'épure convenable à donner à la coupe d'un amphithéâtre. Aujourd'hui qu'elle revient d'un autre pays, les architectes y apporteront peut-être plus d'attention.

Veuillez agréer, M. le Président,

Émile Muller.

Je dois insister, Messieurs, sur cette communication faite à la Société par M. Muller. Il y a trente-quatre ans que M. Lachèz a publié le livre qu'il vient de rééditer. Il a le premier donné des règles, des préceptes extrêmement intéressants sur la disposition favorable à l'acoustique et à l'optique des salles de réunion. Il a le premier, fait l'épure très simple et très judicieuse qui assure l'efficacité de cette disposition. On n'en tient pas encore compte aujourd'hui, hélas!

L'épure de M. Lachèz a été copiée et utilisée à l'étranger, depuis quelques années, et M. Wurtz a récemment pu commettre l'erreur de croire rapporter en France une chose nouvelle. Il en a entretenu un Ministre. Mais il y a convenance à rectifier l'erreur et à restituer à un Français, à M. Lachèz, qui est un homme très modeste, la priorité qui lui appartient. Je suis heureux d'avoir eu l'occasion, il y a deux mois, de faire insérer son procédé dans le règlement des constructions des bâtiments scolaires, et je remercie M. Muller de m'avoir mis à même de l'annoncer ici.

M. Armengaud. Messieurs, je viens de recevoir le compte rendu du Congrès tenu pendant l'Exposition d'électricité, par la Société des Électriciens, dont j'ai l'honneur d'être président. La Société des Ingénieurs civils y a apporté un concours très actif et très utile; c'est que l'un des présidents, qui était M. Mathieu, président de la Société l'année dernière, et presque tous les membres du Bureau étaient membres de la Société des Ingénieurs civils. Ces réunions avaient été organisées pour permettre aux ingénieurs, qui avaient été éliminés du Congrès officiel, de discuter les questions si palpitantes des applications de l'électricité.

Je réserverai pour une autre séance l'analyse sommaire des travaux accomplis dans ces réunions. Je suis très heureux de faire hommage de cet ouvrage à la Société, en remerciant ceux de nos collègues, qui ont bien voulu nous aider de leur concours et s'associer à nos travaux.

M. Armengaud. J'ajouterai qu'il y a un grand nombre d'exemplaires qui seront distribués aux membres de la Société; ils n'auront qu'à se faire inscrire.

M. le Président. Je remercie M. Armengaud.

M. le Président. M. le Président de l'Association Polytechnique, fondée depuis 1830 par notre maître Perdonnet, m'a adressé un remerciement, à la suite de l'acte qu'a fait notre Société il y a quelques mois, en s'inscrivant comme *Bienfaiteur* de l'Association Polytechnique.

Je crois vous avoir dit, Messieurs, qu'il y aura à Genève, le 4 septembre, un Congrès international d'hygiène, dans lequel de très nombreuses questions intéressant le génie civil seront traitées. En même temps, il y aura, à Genève, une Exposition d'hygiène, je suis invité à vous faire demander à ceux d'entre vous qui seraient disposés à participer à cette Exposition, de vouloir bien se mettre en rapport avec la Société de l'Exposition internationale, à Genève. Il y a sur le bureau des lettres qui s'adressent à ceux qui voudront bien s'intéresser à cette Exposition.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Casalonga, sur le nouveau projet de loi relatif aux brevets d'invention au Brésil.

M. Casalonga, après avoir montré que la question des brevets d'invention se lie étroitement aux travaux de l'ingénieur, montre que, malgré l'opposition vive de certains économistes, parmi lesquels il faut citer, en France, Michel Chevalier, presque tous les peuples civilisés ont reconnu que l'inventeur rendait un service à la société et que celle-ci devait lui en tenir compte.

Depuis quelques années, grâce surtout aux Expositions universelles, et malgré la résistance de certains soi-disant protecteurs de l'Industrie, un grand mouvement s'est fait en faveur des brevets d'invention. C'est à ce mouvement que l'on doit la loi du 11 octobre 1864, dans la République Argentine; celle du Portugal, du 22 mars 1868, encore inappliquée; la loi allemande de 1877 et celle qui y est subordonnée dans le grand-duché de Luxembourg; la loi espagnole qui a fait, à la Société même, l'objet d'une brillante communication de M. Barrault, enfin le nouveau projet de loi adopté le 21 avril dernier par le sénat brésilien.

M. Casalonga ne pense pas devoir s'appesantir sur ce projet de loi, dont le texte sera bientôt sous les yeux des membres de la Société. Il examinera, en passant, quelques-uns des principaux points qui diffèrent de la loi française ou de quelques-unes des lois européennes.

Les conditions relatives à la *brevetabilité*, à la *nullité*, à la *déchéance*, à la *contrefaçon* sont à peu près les mêmes qu'en France. La durée du brevet est de 15 ans; les lois sont progressives; 20 $ la 1re année; 30 $ la 2e; 40 $ la 3e et ainsi de suite (le $ milreis, vaut 2 fr. 50 environ).

Les brevets sont accordés pour de *nouveaux produits*, pour de *nouveaux moyens*, pour *l'application nouvelle de moyens connus*, et enfin, pour des *perfectionnements* à une invention déjà *privilégiée*.

Un perfectionnement ne serait donc pas brevetable s'il est considéré isolément; ce qui paraît surprenant, attendu qu'en réalité tout brevet d'invention est aujourd'hui un brevet de perfectionnement.

Un brevet peut être restreint, exproprié; on ne voit pas l'utilité d'une telle restriction et on n'en connaît aucun exemple.

L'inventeur étranger peut être breveté à l'égal d'un Brésilien. Il peut même obtenir une protection provisoire de six à sept mois pendant laquelle il peut faire connaître son invention, s'il y a *réciprocité internationale* entre l'État auquel l'inventeur appartient et le Brésil.

M. Casalonga ne trouve pas justifiée l'exigence de cette réciprocité internationale, d'ailleurs insuffisamment définie dans le projet de loi. Un projet de loi, pour les brevets aussi bien que pour les marques de fabrique, doit être indépendant de toute convention diplomatique d'un caractère transitoire.

En outre de la protection provisoire qui vient d'être mentionnée, le gouvernement peut en accorder une autre, à sa convenance, dans le cas où l'inventeur, avant de se faire breveter, voudrait assister à une exposition officielle ou faire des essais publics.

La nouvelle loi brésilienne admet au brevet les *substances alimentaires* et les *produits chimiques*, ce que ne fait pas la loi allemande. Elle admet aussi, ce que ne fait pas même la loi française, et à tort, les *produits pharmaceutiques*. Elle applique l'*examen préalable*, mais dans des conditions telles qu'on peut le considérer plutôt comme une vérification des prescriptions à observer; par contre elle fait l'application, nouvelle et rigoureuse, de l'*examen postérieur*, auquel on ne saurait trouver aucun avantage sérieux.

Le système français qui n'admet à contester un brevet que les seuls intéressés est, selon M. Casalonga, de beaucoup préférable. Ceux qui croient protéger l'industrie, en gênant l'inventeur, quand l'industrie elle-même ne proteste pas, se trompent. La preuve en est dans cette tendance, aujourd'hui plus accusée que jamais, de reconnaître comme légalement nouvelle, une invention connue, mais inappliquée et tombée en désuétude depuis de nombreuses années. L'examen postérieur ne vaut pas mieux que l'examen préalable, tel surtout qu'il est appliqué en Allemagne et aux États-Unis, malgré le concours que lui donnent des hommes très distingués, parmi lesquels il faut compter M. de Laboulaye.

Dans le projet brésilien, comme en France, l'inventeur a un privilège d'une année pour perfectionner son invention. Le délai d'exploitation est de trois ans, sans que l'interruption puisse être de plus d'une année. L'introduction de l'étranger est défendue, sauf si le concessionnaire, ayant tout d'abord une fabrique au Brésil, fait cette introduction d'un pays ayant avec le Brésil, une *convention de réciprocité*. Il est exigé au brevet des revendications précises.

Enfin, la contrefaçon est réglée par deux juridictions : l'une correctionnelle pour les peines et amendes ; l'autre consulaire, toutes les questions de dommages-intérêts, de nullité, de déchéance étant de la compétence des tribunaux de commerce.

Cette disposition paraît accuser une tendance heureuse, bien qu'une

juridiction mixte, précédée d'un tribunal spécial de conciliation, parût une combinaison préférable encore.

En résumé, le projet de loi adopté par le Sénat brésilien, paraît susceptible d'être avantageusement modifié. On ne peut que désirer que le Brésil soit doté au plus tôt d'un instrument légal qui remplace la loi de 1830, d'après laquelle une patente, censée gratuite, coûte, pour le seul payement de timbre, 300 à 500 $ (750 à 1250 fr.). D'ailleurs, une patente y est à peu près impossible à obtenir pour les étrangers, un article de cette loi obligeant l'inventeur à se faire breveter tout d'abord au Brésil. Sinon, il n'a droit qu'à une prime d'importation, appréciée par le gouvernement, qui n'en a jamais accordée, les Chambres brésiliennes n'ayant pas voté de crédit à cette intention.

En terminant, M. Casalonga pense avoir convaincu ses collègues de l'utilité considérable qu'il y a pour l'industrie, à ce qu'elle soit dotée de bonnes lois sur les brevets d'invention, conçues dans un esprit libéral pour l'inventeur, appuyées de règlements précis, et enfin appliquées par des juges intègres et compétents.

M. le Président remercie M. Casalonga de sa communication et de l'insistance qu'il met à réclamer que les nations aient une législation plus homogène. (Voir le Mémoire dans le Bulletin de septembre.)

Messieurs, la discussion sur le Métropolitain est reprise. Aucun orateur ne s'est inscrit. Si personne ne réclame la parole sur la question de tracé et d'établissement de la voie, nous passerons à la question des moyens de traction. M. Francq avait demandé la parole sur ce sujet; mais il a écrit pour s'excuser, parce qu'il a été forcé de s'absenter. Dans le cas où il n'y aurait pas d'orateur non plus sur ce second point, nous passerons à la discussion de la communication de M. de Coene.

M. Chrétien. Je ne me suis pas fait inscrire parce que je ne savais pas quelle particularité du Métropolitain serait à l'ordre du jour, si l'on traiterait la question de savoir s'il y avait lieu de transporter des marchandises et des voyageurs. Je crois que M. le Président ferait bien d'indiquer l'ordre de la discussion; quant à moi, si on traite la question au point de vue du transport des marchandises et des voyageurs ou des voyageurs seulement, je demanderai la parole.

M. le Président. Si personne ne demande la parole sur la question de tracé, vous pouvez la demander sur la seconde partie de la question.

M. Quéruel. Je demande la parole.

M. le Président. Vous avez la parole sur la question du tracé.

M. Quéruel. Je crois que la question du Métropolitain, avant d'aborder l'examen du tracé, doit être examinée au point de vue des différents systèmes qu'on veut appliquer. On a dit qu'il y avait en présence quatre ou cinq systèmes, ces systèmes ont été décrits plus ou moins sommairement, et des explications de la part de leurs auteurs eussent été bien nécessaires

pour nous mettre à même de juger lequel serait préférable. M. Chrétien nous a déjà fait envisager les difficultés qu'il y aurait à créer un chemin de fer à grande section — ou souterrainement — dans les parties basses de la ville, et il a fait voir que, outre les difficultés d'exécution, on ne serait pas assuré d'être à l'abri des nappes d'eau. Il a fait remarquer les difficultés qu'on aurait pour aérer de pareils souterrains, surtout sous les voies où on ne pourrait pas faire d'éclaircies. L'aérage ne me paraît pas avoir été résolu par la discussion, et je demande s'il n'y aurait pas lieu, si on nous oblige de circuler souterrainement, d'employer des moyens d'aération comme en Angleterre, assez puissants pour pousser même des convois. C'est une idée à expérimenter. Maintenant, les différents systèmes tels que la propulsion par l'air comprimé, me paraissent intéressants, parce que cela permettrait d'avoir, soit de petites dimensions de véhicules, soit de petites dimensions de voies, qui rempliront mieux le but que ces vastes convois, qui ne pourront avoir des stations qu'à de grandes distances les unes des autres et desservant mal l'intérieur de la ville. Je vois même, sans entrer dans l'examen du tracé, qu'on va bien chercher à donner une circulation plus facile à certains parcours de la ville; mais il y a des arrondissements qui sont totalement dépourvus de ces moyens de circulation, par exemple le XIe, que j'habite, et qui est très industriel et l'un des plus populeux de Paris, je n'y vois rien figurer.

M. le Président. M. Quéruel, je vais encore passer pour vous faire de la peine, mais je vous assure que ce n'est pas ma pensée. Vous parlez des moyens de propulsion au lieu de tracé; je crois que votre pensée véritable est celle de la réunion, qui a désiré continuer la discussion sur le tracé : voulez-vous vous maintenir sur ce sujet et ne pas mêler les deux parties de la discussion?

M. Quéruel. Nous avons parlé de la propulsion par ventilation forcée, il y a encore l'air comprimé par les appareils Mékarski, par exemple, qui sont très intéressants à étudier et propres à remplir le but. Et maintenant il y a là encore des moyens électriques...

M. le Président. C'est de cela dont nous ne pouvons pas nous occuper en ce moment : nous parlons du tracé, rentrez-y, je vous en prie.

M. Quéruel. Avant de savoir quel tracé on adoptera, il faut d'abord savoir quel système on veut appliquer.

M. le Président. Je suis forcé d'insister, M. Quéruel. Il y a un orateur qui a demandé de présenter le système de tracé qu'il propose pour desservir la ville de Paris; si vous n'avez plus rien à dire sur la question du tracé, je donnerai la parole à l'orateur inscrit. Vous remarquerez que je ne vous ai pas ôté la parole cette fois-ci : c'est vous qui vous l'ôtez.

M. Quéruel. Je puis me tromper, mais je crois que la première chose est de savoir quel est le système adopté.

M. le Président. Nous avons donné un autre ordre à la discussion de-

puis deux séances; cet ordre est bon ou mauvais, ou plutôt il est acquis, suivons-le. M. Guerbigny vous avez la parole.

M. Guerbigny donne communication de sa note sur le chemin de fer Métropolitain.

La question des chemins de fer métropolitains dans Paris est tellement importante, qu'il est indispensable de ne rien entreprendre avant d'avoir examiné toutes les solutions possibles; et, plus on en proposera, plus il y aura espoir d'en faire sortir un projet qui sera digne de répondre réellement à tous les besoins de locomotion qu'exige la population parisienne.

La première condition que l'on doit examiner, selon moi, c'est la nature des voyageurs que l'on aura à transporter sur ces lignes; car il faudra complètement mettre de côté le transport des marchandises, qui aurait pour inconvénient de créer de véritables gares, exigeant de grands emplacements dans le cœur même de la capitale, où le terrain est d'un prix très élevé, et occasionnant des encombrements dans les rues qui les desserviraient par le camionnage que l'on serait encore obligé d'y effectuer.

Dans les différents projets de métropolitains, on compte beaucoup sur son utilité pour l'approvisionnement des Halles. Indépendamment de l'encombrement que ce service nécessitera, par le grand nombre de wagons qui arriveraient journellement dans les sous-sols, il faudra encore tenir compte de l'encombrement extérieur.

Depuis la suppression des factoreries, le commerce n'est plus simplement restreint dans les pavillons, mais il se trouve répandu dans toutes les maisons du quartier, d'où l'obligation d'effectuer un camionnage, et, du moment que l'on se trouve dans la nécessité de le faire, je crois que les avantages seraient bien faibles pour ne chercher qu'à en diminuer le parcours actuel.

On a également dit que le « métropolitain pourra être employé à désencombrer les Halles de cette grande quantité de détritus de toutes sortes que laisse le marché chaque jour. » Au point de vue de l'hygiène, il sera aussi malsain que peu agréable, pour un train de voyageurs, de se croiser dans ces immenses galeries du projet souterrain, généralement peu aérées, avec un train d'ordures nauséabondes.

« Cette question pourrait trouver une solution plus rationnelle en créant, sous la rue du Pont-Neuf, un véritable canal, où les eaux de la Seine entreraient librement; il donnerait un accès facile pour que des chalands viennent tous les jours, jusque sous les pavillons des Halles, faire le chargement de ces immondices, qui n'auraient plus à circuler dans les rues de Paris. L'eau de ce canal souterrain serait continuellement renouvelée, en la faisant arriver par un égout qui la prendrait dans la Seine avant le Pont-au-Change. »

Pour ce qui est de la Poste, je me figure difficilement, surtout dans ce quartier, la possibilité d'obtenir en sous-sol l'emplacement nécessaire pour permettre l'arrivée et le départ de trains-poste, à la même heure et dans

toutes les directions, cela plusieurs fois par jour; il sera encore plus expéditif de conserver le mode actuel, d'autant plus que, d'après le projet, les trains-poste devraient se servir du chemin de fer de ceinture pour arriver par une voie unique.

On voit, par ces motifs, qu'il faut se résoudre à ne considérer que le transport simple des voyageurs, tel que le fait le service des omnibus.

Si l'on examine d'une manière générale les voyageurs qui sont transportés par ce service, on peut les classer en deux catégories :

Dans la première, je range ceux qui prennent l'omnibus pour faire des courses proprement dites, c'est-à-dire montent en n'importe quel point de son parcours et descendent de même, sans qu'il y ait rien de régulier dans les directions qu'ils suivent; aussi doit-on peu compter sur ces voyageurs comme rapport pour les chemins de fer métropolitains, qui ne pourront jamais leur offrir la diversité de directions qu'ils trouvent dans les lignes d'omnibus, et l'avantage de monter et de descendre à la porte même de la maison où ils sont appelés.

Dans la deuxième, je range tous ceux qui prennent l'omnibus pour se rendre à leurs bureaux, magasins, ateliers, etc., en un mot, tous les voyageurs qui quittent leur domicile pour se rendre au lieu de leur travail et qui, chaque jour, parcourent plusieurs fois la même direction. C'est surtout l'affluence de ces voyageurs qui occasionne les encombrements actuels que l'on remarque sur certaines lignes d'omnibus, et toujours à la même heure.

C'est uniquement cette catégorie de voyageurs, du reste, que transporte le Métropolitain de Londres, qui n'est qu'un chemin de fer de ceinture se reliant aux différentes lignes, et qui permet aux habitants de se rendre plus facilement dans les environs de la ville. Aussi, tout chemin de fer créé dans Paris devra l'être tout particulièrement en vue du transport de cette population et lui procurer les mêmes avantages.

Alors seulement on verra se former de grands courants de voyageurs là où passeront ces lignes, et celui qui aura ses occupations dans un certain quartier se trouvera amené à prendre son domicile sur la ligne qui desservira le mieux ce quartier.

Il résulte de là que les lignes à établir dans Paris devront être celles-là seulement qui rempliront le mieux le but à atteindre; elles devront, autant que possible, partir de points centraux pour se diriger vers le périmètre et même le dépasser, car elles permettront alors au travailleur d'avoir son domicile dans des localités où l'on ne marchande ni la place ni l'air aux habitants.

Des lignes Métropolitaines créées dans cet ordre d'idées n'auraient pas seulement l'avantage de faciliter les communications avec les parties excentriques, mais elles deviendraient une question sociale et moralisatrice, en transformant les habitudes de la population; elles permettraient à l'artisan d'aller habiter dans la banlieue de Paris ; là où, actuellement, se trouvent de simples hameaux, nous verrions s'élever des bourgades ouvrières, à

l'exemple de Mulhouse et autres; le travailleur laborieux se trouverait éloigné des centres pernicieux de la ville et de la promiscuité des logements que lui offre la capitale; il aimerait son chez lui en voyant grandir sa famille à la campagne.

La plus grande partie de ces lignes existe, car il suffirait de prolonger celles existantes, non pas avec toute l'ampleur qui leur est actuellement nécessaire pour répondre aux nombreux services : de marchandises, de grande ligne et de banlieue que l'on réclame d'elles, mais simplement par une ligne d'une seule voie, qui se détacherait des têtes actuelles pour pénétrer plus au centre de la ville. La double voie ne deviendrait nécessaire qu'aux emplacements où l'on créerait des stations, qui se trouveraient assez rapprochées pour permettre le croisement des trains montants et descendants.

Les lignes ainsi prolongées dans Paris effectueraient un service de petite banlieue qui débarrasserait les gares actuelles d'une série de voyageurs, qui ont, matin et soir, de longs parcours à effectuer pour aller prendre le chemin de fer.

Je sais que ces idées auront de nombreux contradicteurs; mais cependant j'ai la ferme conviction que si ces lignes étaient créées, elles doteraient Paris de neuf Métropolitains, qui seraient favorablement accueillis par la population, surtout les dimanches et fêtes, où une grande partie de cette population abandonne la ville pour se répandre dans les campagnes qui l'environnent.

Une très grosse question à résoudre, c'est de savoir si ces lignes seront souterraines ou aériennes.

Si l'on était maître absolu de prendre la place nécessaire, il est évident que tout le monde choisirait les lignes aériennes, beaucoup plus agréables sous tous les rapports pour le voyageur, qui n'a pas à supporter ces brusques changements de l'état atmosphérique que l'on éprouve quand on entre dans un tunnel. Elles sont d'une exécution généralement plus facile et beaucoup moins onéreuses que les lignes souterraines. Aussi, dans le cas actuel, on devra, autant que la circulation des voitures dans les rues le permettra, installer les lignes au-dessus du sol; ce qui se trouve facilité par le peu de largeur qu'exigent ces prolongements ne devant avoir qu'une voie. Toutefois, dans les tracés que j'indique, on verra qu'il n'y en a qu'un qui devra être complètement souterrain; aussi pourrait-on en reculer l'exécution.

Toutes les considérations ci-dessus étant admises et en me donnant pour principe d'éviter autant que possible des modifications dans la topographie des rues de Paris, les prolongements qui me semblent naturellement indiqués sont :

1er *Prolongement : de la gare de la Bastille à la place de la République.* — En traversant la place de la Bastille et suivant les boulevards Richard-Lenoir et des Amandiers pour s'arrêter sur l'un des quinconces de la place

de la République. Cette ligne peut être aérienne sans nuire à la circulation des voitures; il y aurait une station avant la traversée du boulevard Voltaire. La hauteur de la voie au-dessus des rues serait assez grande pour permettre le passage à tous les véhicules. Sur le boulevard des Amandiers on créerait un trottoir central, au-dessus duquel se trouverait le chemin de fer aérien; par la diminution des trottoirs latéraux, on redonnerait à la chaussée toute la largeur qu'elle avait.

2° *Prolongement : de la gare de Lyon à l'Hôtel de Ville.* — En suivant le boulevard Mazas, les quais Henri IV, des Célestins et de l'Hôtel de Ville, pour finir au pont d'Arcole, avec stations aux ponts d'Austerlitz et de Sully. Cette voie serait aérienne, prenant sur un trottoir central le milieu du boulevard Mazas, pour venir s'appuyer sur le mur du quai et le bas-quai, à une hauteur assez grande pour permettre le passage aux têtes de ponts. Les stations seraient prises au-dessus des bas-quais, pour éviter de gêner la circulation sur les voies publiques. Comme cette ligne ne traverse pas le pont d'Arcole, on pourrait facilement abaisser le niveau de la gare.

3° *Prolongement : de la gare d'Orléans à la place Saint-Michel.* — En passant au-dessus de la grille du Jardin des Plantes pour gagner les quais Saint-Bernard, de la Tournelle, Montebello et Saint-Michel; cette ligne devra s'appuyer sur le mur de quai et le bas-quai, à une hauteur assez grande pour permettre le passage aux têtes de ponts. Il y aurait une station au croisement du boulevard Saint-Germain et elle se trouverait au-dessus du bas-quai. La gare du pont Saint-Michel aurait son emplacement au-dessus du bras gauche de la Seine, et le niveau de cette gare peut s'abaisser puisqu'on ne traverse pas le pont.

4° *Prolongement : de la gare de Sceaux au square de Cluny.* — En suivant la rue d'Enfer et le boulevard Saint-Michel. Cette voie serait aérienne, sur un trottoir central pris au détriment de ceux latéraux, pour ne pas diminuer la chaussée. Il y aurait des stations au carrefour de l'Observatoire et rue Soufflot, en face le jardin du Luxembourg, afin de ne pas nuire aux propriétés particulières avoisinantes. De même pour la gare qui se trouverait au square Cluny, la voie s'élargirait sur le trottoir qui se trouve du côté du square. Sur le boulevard Saint-Michel, la circulation des voitures n'est pas si grande, pour que la ligne ne puisse être installée dans ces conditions.

5° *Prolongement : de la gare Montparnasse au terre-plein du Pont-Neuf.* En suivant toute la rue de Rennes, qui doit être prolongée jusqu'au quai, entre l'Institut et la Monnaie. Le mouvement des voitures sur cette voie permettrait facilement l'installation d'une ligne aérienne, dans son axe, au-dessus d'un trottoir central, pris au détriment, toujours, de ceux qui existent, et qui, comme sur toutes ces grandes voies nouvelles, sont géné-

ralement trop larges pour la circulation. Il y aurait une station à la place Saint-Germain-des-Prés, et une gare au milieu du pont que l'on doit construire pour relier la rue de Rennes à celle du Louvre; cette gare ne gênerait nullement la navigation, en se trouvant au-dessus du terre-plein du Pont-Neuf.

6e *Prolongement : Du Point-du-Jour à la place de la Concorde.* — En suivant la route de Versailles, les quais de Passy, de Billy et de la Conférence. Cette ligne aérienne prendrait, depuis la station du Point-du-Jour, le milieu de la chaussée pour venir gagner le bord du quai de Passy, et s'appuyer sur le mur de quai et le bas-quai. Il aurait des stations aux ponts de Grenelle, de Passy, d'Iéna et de l'Alma; à ces stations, l'élargissement de la voie serait pris au-dessus du bas-quai. A partir du pont des Invalides, la voie peut s'abaisser de manière à permettre l'établissement de la gare du pont de la Concorde au niveau du sol.

« Il peut se faire que, par la suite, on reconnaisse l'utilité de prolonger cette ligne jusqu'à Saint-Cloud, en passant par le pont de Sèvres, pour pouvoir effectuer un service circulaire avec la gare Saint-Lazare. »

7e *Prolongement : De la gare du Nord au boulevard Montmartre.* — En suivant la rue de Rome et le boulevard Haussmann, qui doit être prolongé jusqu'au coin de la rue Drouot et du boulevard. La circulation sur ces voies permettrait encore d'installer une ligne aérienne sur un trottoir central. Une station serait établie derrière l'Opéra. Quant à la gare qui serait au boulevard Montmartre, il sera facile de trouver son emplacement sur les terrains du passage de l'Opéra, en donnant plus de largeur à la partie du boulevard Haussmann, qui reste encore à effectuer.

8e *Prolongement : De la gare du Nord au boulevard Bonne-Nouvelle.* — La ligne passerait sous toute la rue de Saint-Quentin, traverserait sous le boulevard Magenta, sous le Marché et sous la rue de Chabrol, prendrait une extrémité de la prison Saint-Lazare, où la déclivité du terrain permettra de remonter la voie pour devenir aérienne, et traverser au-dessus de la rue de Paradis-Poissonnière. Par l'élargissement de la rue Martel du côté des numéros impairs, et de sa prolongation dans le passage des Petites-Écuries, il est facile d'avoir une rue qui permettra d'installer la voie sur un trottoir central, pour arriver au boulevard Bonne-Nouvelle, près de la Ménagère, en traversant sur les rues de l'Échiquier et d'Enghien.

« Le jour où la population parisienne se sera acclimatée avec ces voies aériennes, il sera possible d'aller jusqu'au Louvre, en traversant le boulevard et créant un trottoir central dans la rue projetée du boulevard Bonne-Nouvelle au Louvre. »

9e *Prolongement : De la gare de l'Est au square de la Tour-Saint-Jacques.* — C'est celui qui offre le plus de difficultés, car il est complètement

impossible de l'avoir aérien ; les voies qu'il devra suivre étant à peine suffisantes au mouvement des voitures, il faut se résoudre à une ligne souterraine : de la gare de l'Est, la ligne prendrait sous les boulevards de Strasbourg et de Sébastopol jusqu'au square de la Tour-Saint-Jacques, sous une partie duquel on peut installer la gare. Il y aurait une station au square des Arts-et-Métiers. Cette ligne a déjà été en partie étudiée dans les différents projets.

La question financière se résume toujours à savoir si la recette sera assez fructueuse pour couvrir les intérêts du capital engagé et les dépenses d'exploitation.

Or on peut, d'après les différents projets qui ont été complètement étudiés, estimer la dépense pour les voies aériennes à 2 millions par kilomètre, et celle pour les voies souterraines, à 4 millions.

La longueur des différents prolongements aériens est d'environ 20 kilomètres, d'où une dépense de 40 millions.

La longueur des prolongements souterrains est de 2 kilomètres 1/2, ce qui porte la dépense à 10 millions.

D'où le capital nécessaire pour effectuer les 9 lignes métropolitaines serait de 50 millions.

Pour simplement servir les intérêts à 5 pour 100 et en comptant 50 p. 100 de la recette pour l'exploitation, la recette annuelle des lignes métropolitaines devra s'élever à 5 millions, d'où une recette journalière d'environ 14,000 francs, c'est-à-dire que chacune de ces lignes devra rapporter en moyenne 1,500 francs par jour.

Il n'est pas douteux que cette somme ne soit largement dépassée le jour où le service sera convenablement organisé, c'est-à-dire que l'on aura créé sur les lignes déjà existantes, en dehors de Paris, des stations beaucoup plus rapprochées et qui seront uniquement desservies par des trains très fréquents, qui seront ceux des lignes métropolitaines devant même circuler dans la banlieue de Paris.

Conclusion.

Ne pas chercher à lutter avec le service actuel des Omnibus, qui desservira toujours mieux les besoins journaliers sur les différents points de la capitale; mais, pour certaines heures du jour, et notamment les dimanches et fêtes, rapprocher les têtes de lignes actuelles du centre de la capitale.

Tel est le but que doit se proposer d'atteindre tout projet de métropolitains dans Paris, sauf à l'étendre au fur et à mesure des besoins qui ne manqueront pas de surgir le jour où la population sera habituée à ce nouveau mode de transport.

Voies où se trouveraient les lignes métropolitaines aériennes.

ARRONDISSEMENTS.	DÉSIGNATION.	PROLONGEMENTS.	LARGEURS ACTUELLES.			LARGEURS A DONNER.				
			Trottoir.	Chaussée.	Trottoir.	Trottoir.	Chaussée.	Trottoir central.	Chaussée.	Trottoir.
			m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.
XIe	Boulevard des Amandiers.............	1er	»	»	»	»	»	»	»	»
»	Id. Richard-Lenoir...........	1er	»	»	»	»	»	»	»	»
XIIe	Id. Mazas....................	2e	»	»	»	»	»	»	»	»
XIVe	Rue d'Enfer.........................	4e	11.50	8.00	11.50	5.00	8.80	4.00	8.80	5.00
Ve	Boulevard Saint-Michel...............	4e	8.00	14.00	8.00	5.00	8.00	4.00	8.00	5.00
VIe	Rue de Rennes....	5e	5.00	12.00	5.00	2.50	6.50	4.00	6.50	2.50
VIIIe	Rue de Rome.........................	7e	4.00	12.00	4.00	2.00	6.00	4.00	6.00	2.00
IXe	Boulevard Haussmann.................	7e	8.00	16.00	8.00	5.00	9.00	4.00	9.00	5.00
»	Rue Vivienne (comme comparaison).......	»	2.50	7.00	2.50	»	»	»	»	»

M. Douau. Si nous adoptons la largeur de 6 mètres, qui est la largeur réglementaire, je crois que nous serons très embarrassés, dans les rues actuelles, pour trouver l'emplacement nécessaire pour la construction de ces chemins. C'est intéressant surtout au point de vue de la dépense kilométrique, car si l'on est forcé d'entrer dans les questions de voirie, nous savons tous combien le prix augmente rapidement. Je crois qu'il y a là un certain nombre de rues qui ne se prêteront pas facilement à la création d'un chemin de fer, étant donnée la grande circulation qui existe dans ces voies.

Maintenant il y a une autre observation qui me paraît rationnelle, c'est la difficulté qu'il y aura d'avoir toute une série de gares isolées les unes des autres, en sorte que les voyageurs qui partent d'un point déterminé pour aller à un autre, seront transbordés. Il y a là un objectif : le centre de Paris, la cité, qui est entourée d'un certain nombre de gares, de sorte que les voyageurs seront forcés, pour aller d'une extrémité à l'autre, de procéder à un transbordement; pour réaliser un Métropolitain, il faut éviter les transbordements. C'est une objection qui me paraît assez sérieuse.

M. Guerbigny. Pour ce qui est de la largeur des rues, on peut voir sur le tableau (page 38) qu'il est possible d'établir le Métropolitain dans les voies qui ont été indiquées, en réservant une largeur suffisante aux chaussées et aux trottoirs.

Quant à l'autre objection relative à la difficulté de relier les lignes, je crois que si on voulait faire un service d'omnibus il faudrait les relier; mais le Métropolitain de Londres n'est pas une ligne d'omnibus, c'est un chemin de fer circulaire, tout le monde le connaît. De même à New-York, il n'y a pas de communication entre les gares; les lignes partent d'un point central.

M. le Président. Le Métropolitain de Londres permet d'aller du centre à un point assez éloigné, et en même temps d'aller d'un point d'une certaine circonférence moyenne assez éloigné à un autre point.

M. Guerbigny. Le Métropolitain de Londres n'est qu'un chemin de fer de ceinture.

M. le Président. Mais il a un grand diamètre.

M. Douau. On vient d'indiquer les cotes en faisant un trottoir central, en mettant deux chaussées latérales et, en plus, un trottoir bordant les maisons; je crois que, de cette façon, on coupera la circulation sur la chaussée elle-même; il faudra mettre des passages très fréquents sur le trottoir central pour les voitures, et j'avoue que la solution n'est pas satisfaisante au point de vue de la circulation. Déjà, sur les voies larges sans solution de continuité, tous ceux qui sortent en voiture savent les difficultés qu'on éprouve pour passer d'un point à un autre; le jour où vous aurez créé cette digue, pour ainsi dire naturelle, ce sera un obstacle insurmontable pour les voitures qui voudront passer du côté droit au côté gauche, et il faudra indiquer sur chacune de ces chaussées un sens de circulation déterminé. Je crois que c'est un inconvénient sérieux.

M. Guerbigny. Nous avons beaucoup de voies coupées de la sorte : tous les boulevards extérieurs sont ainsi disposés.

M. Douau. Ils ont une circulation peu importante; et, d'ailleurs, on se plaint de cette disposition.

M. Mékarski. Je demande à présenter une observation au sujet de l'opinion de M. Guerbigny, qui a préconisé l'invasion de Paris par les chemins de fer de province plutôt que par le chemin de fer Métropolitain : ceci est inexact, même pour Londres. J'ai déjà eu occasion de dire que la moyenne des chiffres perçus par voyageur à Londres n'est que de 20 cent., 2 pences par voyageur; le tarif étant supérieur à 1 penny par kilomètre, le parcours moyen des voyageurs est donc inférieur à 2 kilomètres. Donc, ceux qui vont du centre à l'extérieur ou de l'extérieur au centre, ne constituent qu'une partie des voyageurs; la circulation locale a au moins autant d'importance que la circulation radiale. Or, le projet qui vient d'être présenté ne donne pas de lignes transversales, qui seraient très utiles à Paris.

M. le Président. Nous remettrons la suite de la discussion à une prochaine séance.

Nous passons à la discussion de la communication de M. de Coene : La Seine fluviale et maritime; travaux projetés et travaux proposés. M. de Coene, vous avez la parole.

M. de Coene. Messieurs, vous avez sous les yeux le plan général de la baie de Seine et du port du Havre, sur lequel a été tracé le projet de M. Bert. Ce projet consiste à créer, devant le Havre, une rade où les navires puissent trouver du calme avant d'entrer dans les jetées ou dans la Seine maritime. Cette rade se complétera par un appontement à deux étages, ayant 600 mètres de longueur, où pourront accoster 12 navires transatlantiques. Cet appontement serait relié au rivage par une jetée de 700 mètres de longueur, depuis les eaux profondes jusqu'au bord de la mer. Cette jetée sera évidée pour laisser passer les courants qui viennent balayer la rade; la jetée donnera passage à des trains de chemins de fer qui passeront au-dessus de la ville du Havre et viendront déboucher dans la plaine de l'Eure. La digue de la rade sera faite en deux tronçons : le premier du côté du cap de la Hague, le deuxième entre la passe centrale et la passe sud du port conduisant aux jetées, la rade aura environ 2,200 mètres de largeur, et 4,500 mètres de longueur; ce qui donnera une surface d'eau de 1,200 hectares. Cette rade servira au stationnement des navires de guerre; elle contiendra un lazaret et de grandes cales de carénage. Ce qui complétera avantageusement les installations du port du Havre. En ce moment, les navires obligés d'aller purger leur quarantaine à Cherbourg supportent des pertes de temps et des frais considérables pour la navigation.

Les motifs qui ont déterminé M. Bert à proposer une rade sont les suivants : les grands vents ouest et nord-ouest soulèvent de fortes vagues, comme les hauts-fonds actuels ne peuvent les arrêter, le ressac est extrêmement violent dans l'avant-port. L'objectif de M. Bert est de calmer la mer

de façon que les navires, après avoir franchi la digue de rase trouvent un calme relatif sur une distance de 2,200 mètres environ des jetées. Les navires pouvant alors ralentir leur allure rentreront au Havre avec la plus grande facilité.

Si vous aviez quelque autre explication à me demander, je vous les donnerais. Du reste, M. Bert assiste à la séance, il a une connaissance parfaite de la navigation; il pourra vous donner à ce sujet tous les renseignements.

M. le Président. Si vous désirez prendre la parole, monsieur Bert, vous nous intéresserez.

M. Bert invité à assister à la séance : Ce qu'il y a d'intéressant dans mon système, c'est l'imitation de la nature. Ainsi, le Havre est entouré d'écueils presque à fleur d'eau, qui sont très dangereux pour la navigation; et si on surélevait ces rochers, le Havre serait le plus beau port de la terre, comme port marchand; de plus, par le mauvais temps, les navires ne peuvent pas pénétrer dans le port. Il en est de même pour tous les ports de la Manche, excepté Cherbourg, à moins d'aller chercher la côte anglaise. Les travaux que je propose coûteraient très bon marché, parce qu'on mettrait à profit la nature. Je vous signale une innovation dans cette façon de procéder, c'est que nous avons remarqué que les enrochements sont le meilleur brise-lames qu'on puisse trouver; c'est meilleur que les murs en maçonnerie, qui transportent la vague, la rendent dangereuse et font que tous nos ports sont mal construits.

J'imite les rochers qui protègent les côtes de Norwège, depuis le nord jusqu'au sud, et qui font de la Norwège le pays le plus favorisé pour la navigation.

M. le Président. 2,200 mètres, ce n'est pas une protection aujourd'hui; au point de vue militaire, Cherbourg est bien peu protégé contre le canon actuellement.

M. Bert. Il faut avoir un endroit pour abriter les navires. La rade n'abrite pas Cherbourg, mais elle abrite les navires. Si Cherbourg était attaqué, les navires pourraient sortir et défendre la ville. Ici, nous sommes à 7 kilomètres des entrepôts, et au Havre c'est la richesse des entrepôts qu'il faut sauvegarder; il y a là des milliards de marchandises, et c'est ce qu'il faut défendre. Le Havre est le port le plus stratégique de la France. Si nous avions une invasion, ce ne serait pas à Cherbourg ni à Brest que l'ennemi s'attaquerait, ce serait au Havre qui est la porte de Paris. On a toujours compris qu'il fallait défendre le Havre, mais on ne l'a jamais fait.

Il serait donc très utile de surélever ces rochers, et si nous faisions cela, la République se couvrirait de gloire, parce que ce serait le plus beau travail qu'on ait exécuté. La digue de Cherbourg, actuellement, est une des merveilles de la terre, et ceci serait mille fois plus joli que la digue de Cherbourg, car la nature elle-même a jeté les fondements de ce travail. Pour que l'industrie prospère dans notre pays, nous avons besoin d'un beau port pour recevoir les grands navires, et obtenir ainsi le fret moitié meilleur marché qu'avec les petits navires. Au Havre, nous ne pouvons

plus recevoir les grands navires comme Liverpool, nous manquons de place pour les décharger, et surtout de moyens hydrauliques. Voici un appontement : il y en a un à Londres, plus petit, qui ne peut recevoir que six bateaux, et cependant, on y décharge le double du tonnage que nous déchargeons au port du Havre.

Quant à l'exécution, cette digue, en profitant des ressources que nous avons aujourd'hui, pourrait être construite en 4 ans, tandis que la digue de Cherbourg a demandé 67 ans et a coûté 70 millions. Celle-ci coûterait 25 millions, et ce serait la plus grande gloire de la France. On aurait des bateaux à vapeur à double fond qui iraient chercher les rochers à Cherbourg; et avec cinq cargaisons par 24 heures, on ferait la digue en moins de 18 mois; le restant demanderait quelques années de plus.

On prendrait les rochers à la côte du Roule, à Cherbourg; il y a là des montagnes de granit. Du reste, si on pouvait indiquer un meilleur endroit, on l'accepterait. Le projet est à l'étude, en ce moment; malheureusement, il ne vient pas des ingénieurs des ponts et chaussées, j'aurai beaucoup à lutter. Il serait à désirer, pour la France et surtout pour Paris, que cela réussît. Si nous pouvions avoir l'appui des Parisiens, nous serions heureux; et je crois que c'est un acte de patriotisme de faire réussir ce beau projet. Si vous le connaissiez comme moi, je suis sûr que vous dépenseriez beaucoup de temps pour le faire réussir.

M. le Président. Je remercie M. Bert de son intéressante communication.

M. Vauthier. Je crois qu'il y a contre le projet de M. Bert, deux objections : une surtout, qui est grave, c'est que la rade manquera de profondeur suffisante. D'après le dernier relèvement hydrographique de 1880, et les choses n'ont pas sensiblement varié depuis, on voit sur la carte de la rade du Havre que l'espace où l'on trouve une profondeur de 6^m au-dessous du zéro des cartes maritimes, est très restreint, et que celui où l'on trouve 8^m est presque nul; or, comme, pour les navires de guerre, il faut une rade où le navire puisse stationner aux plus basses mers, ces profondeurs sont insuffisantes. C'est fâcheux pour le Havre et pour le projet de M. Bert, mais il y a là une objection capitale : c'est tout à fait insuffisant ! — J'ai entendu dire qu'on avait l'espoir de pouvoir draguer pour maintenir les fonds. Mais alors, le dragage devrait s'étendre sur une très grande longueur et sur une très grande profondeur. Je n'ai pas calculé ce qu'un tel travail pourrait coûter, car la question est de savoir si cela se maintiendrait. Il y a donc là, quelque séduisant que soit le point de vue de M. Bert, une objection dont il est bien difficile de sortir. Pour faire une rade au Havre, il faudrait se transporter beaucoup plus loin, comme à Boulogne, où on s'avance jusqu'à une profondeur de 12 mètres au-dessous des plus basses mers.

La seconde objection, c'est le peu d'espace d'eau couvert. La surface correspondante à la courbe de 6 mètres a 160 hectares seulement; c'est bien peu pour l'objet à atteindre. Il faudrait beaucoup plus de surface que cela.

M. Bert. Le corps des ponts et chaussées est très opposé à mon projet, mais il n'a pas soulevé cette objection ; la plus grande partie de la rade a une profondeur de 8^{m}, et, du reste, le dragage n'est rien. Nous avons remarqué, au Havre, dans la partie maritime de l'estuaire, que, aussitôt qu'une partie est draguée, elle ne se relève jamais ; tandis que, dans l'estuaire de la Seine, nous sommes dans les alluvions, et si on draguait là des millions de mètres cubes de vase ou de sable, le lendemain cet espace serait comblé. Mais ici, nous ne sommes pas dans les alluvions. M. Vauthier vient de dire que la petite rade s'était plutôt approfondie ; depuis longtemps, elle augmente en effet et s'approfondit constamment. Sans compter même sur le dragage qui serait très facile, les deux digues, resserrant les courants, rendraient inutile le service de la drague, et les courants eux-mêmes dragueraient la rade. Quand bien même nous nous contenterions de ce qui existe, nous ferions du Havre le plus beau port de la terre, rien qu'en surélevant les rochers. Nous parlons de profondeurs de 8 mètres, mais ce sont des profondeurs au-dessous des plus basses marées. On peut faire beaucoup avec cette profondeur-là. Aujourd'hui, les navires sont très grands, mais ils ne sont pas profonds, et nous ne verrons pas dépasser les profondeurs actuelles qu'on leur donne. On dit que le port du Havre n'est pas profond. Ce qui manque, c'est l'abri. Les steamers transatlantiques peuvent sortir de tout temps, excepté par les basses marées coïncidant avec les vents du nord-ouest : cela constitue une levée, et les navires perdent 2 mètres de profondeur. Draguer un peu dans la rade n'est rien du tout. J'ai vu, dans la Clyde, 3,000 navires anglais dans un espace plus restreint que cette rade. Ici, quand même on ne ferait pas de dragage, il resterait toujours moitié de la rade où il existe des fonds de 6,7 et 8 mètres. Du reste, je le répète, les ingénieurs des ponts et chaussées n'ont pas fait d'objections là-dessus. Quand nous aurions pour un million de francs de dragage à faire, cela ne serait rien du tout à côté du résultat à atteindre. J'espère que ce projet sera bien étudié, et si vous le voyez un jour réalisé, ce sera la plus grande gloire de la France. Du reste, ce sera l'imitation de la nature.

M. Hauet. Je prierai M. de Coene de nous donner quelques détails sur la justification de ce chiffre de 25 millions que M. Bert a indiqué tout à l'heure.

M. de Coene. La création de la digue exigera environ 2 millions de mètres cubes, qui ont été cotés à 11 francs, les pierres étant prises à la montagne du Roule.

L'appontement et la jetée sont complétés en dehors.

La dépense de 25 millions ne comprend que l'apport des pierres qui seront déchargées pour protéger la rade. Tous les ouvrages accessoires, comme estacades, viaducs, travaux prévus le long de la digue sont estimés à 50 millions. Vous voyez que le travail accessoire est considérable, mais il ne faut pas vous étonner de ces chiffres, car, dans les ports de mer, on dépense énormément ; à Liverpool, on a dépensé un milliard et demi.

Maintenant, je dois ajouter que si j'ai rattaché cette question à la question de la Seine, objet de ma principale communication, c'est que la digue fermant la rade doit avoir une efficacité très grande pour la protection de la rive nord de la Seine. Par les grands vents Ouest, Nord-Ouest, cette digue viendrait empêcher les fortes vagues de détruire la rive Nord de la Seine. Dans l'état actuel, le chenal de la baie éprouve tous les ans des perturbations profondes.

Je vous ai dit que M. Vauthier, dans son rapport, avait donné des indications très précieuses, sur les modifications fréquentes du chenal de la Seine; qui sont dues, en grande partie, aux tempêtes. Ainsi, après les tempêtes, le chenal se déplace tantôt vers le Sud, tantôt vers le Nord; en ce moment il touche la partie où le canal de Tancarville doit être établi. La digue de M. Bert empêcherait la destruction de la rive droite de la Seine, c'est pour cela que j'ai appelé l'attention de la Société sur le travail de M. Bert.

Il y a nécessité de protéger les rives de la Seine, car si on ne le faisait pas, nous serions exposés à voir les endiguements détruits par les lames poussées par les vents de Nord-Ouest; le travail de M. Bert forme donc avec l'établissement des digues, un ensemble qui doit profiter au Havre et faire avec la Seine un grand établissement maritime aux portes de Paris. C'est donc une œuvre véritablement patriotique.

M. le Président. Vous nous avez dit, M. Bert, que le corps des ponts et chaussées était opposé à votre projet, mais pas dans le même sens que M. Vauthier. Que disent-ils?

M. Bert. Depuis six mois ils n'ont trouvé qu'une objection, c'est celle de l'envasement. Ils disent que la surélévation des rochers causerait l'envasement de la rade. Ce n'est pas bien sérieux. Tous les marins savent, au Havre, que cette objection n'est pas sérieuse, et ils approuvent mon projet. Il a paru le jour où M. Gambetta est venu au Havre, et l'ingénieur des ponts et chaussées avait produit le sien le même jour. Son projet consiste à faire deux jetées et les marins trouvent cela impraticable; ils disent qu'aucun navire ne pourra entrer dans les jetées ouvertes au nord-ouest. Il faut être marin pour comprendre ceci. Personne plus que moi ne reconnaît la science des ingénieurs des ponts et chaussées, je les admire plus que n'importe qui, mais leurs connaissances s'arrêtent au bout du chenal du Havre. Ces messieurs sont très forts pour les fleuves et les rivières, mais ils n'ont pas étudié la question maritime. Il faut être marin pour pouvoir causer de port. J'étudie cette question depuis dix-huit ans et je ne vois pas pourquoi la rade s'ensablerait: je ne fais que surélever les rochers, je respecte les trois passes, et du moment que je respecte les endroits par lesquels le courant passe, je donne une direction au courant; l'eau qui passait auparavant partout sera obligée de prendre la direction des passes. Tous les marins comprennent cela; ces messieurs des ponts et chaussées s'imaginent qu'il y aura ensablement, mais ils ne donnent pas d'arguments :

ils disent que les ensablements se produisent là où il y a calme; — c'est la vérité, mais ici, il y a calme sans tranquillité, c'est-à-dire que la dénivellation des marées est une garantie : deux fois par vingt-quatre heures, la mer monte et descend de 24 pieds, il ne peut pas y avoir ensablement. De même la Seine change de lit, mais jamais ce lit n'est bouché; toujours elle se fera un chemin.

M. Bouquet de la Grye. M. le Président, je demanderai la parole pour faire une observation. M. Bert ne doit pas ignorer que, à Cherbourg, les blocs qui ont servi à la construction des digues, blocs dont une partie cubaient 10 mètres cubes, ont été bousculés, et ces blocs, passant pardessus les enrochements, venaient dans l'intérieur de la rade, de sorte que je ne comprends pas comment un enrochement à pierres perdues, qui ne dépasseraient guère 1 mètre à 1m,50, ne seront pas bousculées au premier coup de vent. Du moment que le prix de 11 francs est le prix normal, c'est qu'il s'agit d'enrochements à pierres perdues. Donc, cela n'est pas solide.

M. Bert. La digue de Cherbourg est faite en eaux profondes, tandis que la digue projetée n'est pas en eaux profondes. Le talus sous-marin va en pente douce; il n'y a presque pas de mer au Havre, comparativement à Cherbourg. Maintenant, je ne dis pas que je ne ferai pas de maçonnerie, mais je jetterai mes pierres le plus vite possible, en commençant à la belle saison. Je m'arrangerai de façon à imiter les Hollandais, quand ils ont voulu faire des travaux semblables, c'est-à-dire que nous mettrons des morceaux de bois de distance en distance entre les pierres. Ces morceaux de bois, secoués par la lame, la briseront; la nature elle-même consolidera la digue, et alors on jettera des moellons par-dessus tout cela et on construira. Je demande qu'on imite les rochers norwégiens, et non pas la digue de Cherbourg, parce que ces murs à angle droit forment un obstacle énorme.

La façon dont j'exécuterai mon travail a été employée à Plymouth, dont la rade est à peu près semblable à celle de Cherbourg. J'ai visé un moyen économique; si je voulais dépenser beaucoup d'argent, je ne ferais pas cela. Je ne dis pas que quelques pierres ne seront pas déplacées. Ainsi, on a vu des pierres placées de telle sorte que, même sans être soudées, elles ne sont jamais déplacées; tandis que d'autres, au contraire, mille fois plus volumineuses, si la mer les prend en dessous, même lorsqu'elles sont soudées, peuvent être enlevées.

M. Bouquet de la Grye. La jetée de (Skoa) est protégée par une bande de rochers, qui s'étend à 500 mètres au large, de sorte que les lames sont en partie brisées. Cependant j'ai vu, dans ces conditions, un bloc pesant *vingt-deux mille tonnes*, et se composant d'une fraction de jetée qui avait 40 mètres de long sur 10 mètres de large, j'ai vu ce bloc déplacé de 1m,50 dans l'intérieur, malgré la protection donnée par le banc de rochers. C'est pourquoi aujourd'hui les ingénieurs des ponts et chaussées qui font des travaux à la mer emploient des blocs aussi gros que possible.

M. Bert. Ce n'est pas la lame qui a produit cet effet, c'était probablement un événement souterrain; mais la lame n'aurait pas soulevé cette masse.

M. le Président. Vous venez de citer la digue de Plymouth faite avec des pierres perdues ou mélangées; la construction française est inverse : elle consiste à mettre les petites pierres au fond de la mer, où il n'y a pas d'agitation, et on réserve les gros blocs pour le moment où on arrive à la hauteur où les lames se font sentir et où il y a agitation. Cette manière de construire est beaucoup plus économique que celle qu'on a employée à la digue de Plymouth.

M. Bert. Quand on a fait la digue de Plymouth, on n'avait pas les moyens qu'on a aujourd'hui. Aujourd'hui, nous avons la vapeur, la dynamite, et bien des moyens qui nous permettent de construire une digue promptement. Ce qu'il faut, c'est marcher vite, c'est utiliser les progrès que nous avons aujourd'hui. Malheureusement, on ne sait pas les mettre à profit.

M. le Président. A Brest, vous avez des blocs de 50 mètres cubes transportés à la vapeur, comme vous le dites.

M. Bert. J'ai fait, en Norwége, le contraire de ce que je propose aujourd'hui; j'ai fait sauter un rocher pour construire un dépôt de charbon : l'achat du rocher, les travaux et la construction du dépôt m'a coûté 42,000 francs. On m'a dit que plusieurs ingénieurs avaient estimé ces travaux à 600,000 francs, d'autres à un million. On ne sait pas ce qu'on peut faire, quand on va vite. On a mis 70 ans à construire la digue de Cherbourg; ce n'est pas construire que d'aller si lentement! Si vous ne mettez que deux ans, vous avez la chance de ne pas rencontrer de ces grands cataclysmes qui transportent certaines pierres. Une fois ma digue construite, je vous garantis que rien ne l'enlèvera; la nature elle-même a mis les fondements : il faut toujours chercher à imiter la nature, c'est le seul moyen de faire de beaux travaux.

M. Vauthier. Je ne veux pas discuter les moyens d'exécution. Quand j'ai vu qu'il s'agissait de construire des digues, je supposais que, par enrochements, M. Bert entendait des enrochements capables de résister à la mer. Cela changerait la dépense; mais je crois qu'il n'y a pas lieu, pour le moment, de discuter les moyens d'exécution. Ce qui n'est pas douteux, c'est que si l'établissement de digues de ce genre était réalisé en face du Havre, si on n'avait pas une rade, on aurait du moins un abri important, surtout au point de vue d'un projet dont on s'occupe actuellement. Le Havre est situé à un tournant de la côte, entre de grandes profondeurs; mais le chenal lui-même est placé sur un dos d'âne. Ce n'est que par le dragage qu'on a obtenu une profondeur de 2 mètres au-dessous des plus basses mers, et cette profondeur est insuffisante. On veut modifier cette situation en ouvrant une nouvelle passe dans la direction de l'ouest-nord-ouest. En

supposant que l'idée de M. Bert ne donne pas une rade pour les grands navires, cela pourrait créer un abri utile pour cette nouvelle entrée. Tous les marins concordent à dire, paraît-il, que si la nouvelle entrée était creusée, sans qu'elle fût abritée, il y aurait un tel mouvement de ressac dans l'avant-port que les écluses des bassins ne pourraient pas tenir. La jetée de M. Bert pourra constituer un abri utile : ce serait même à ce point de vue-là qu'il faudrait se placer ; je fais ici toute réserve des questions de dépenses qui dépasseraient le chiffre des programmes. Il est évident qu'il faudrait employer là des moyens puissants, comme disait M. Bouquet de la Grye, pour résister au choc des lames, par les vents de nord-nord-ouest; ce serait une digue battue avec grande force, il faudrait donc des blocs suffisants. L'idée de M. Bert se présente donc comme pouvant donner quelque chose de favorable, au point de vue de cette nouvelle entrée du Havre, qui aurait de grands avantages et se trouve rattachée à la Seine, sinon au point de vue de la protection de l'estuaire, mais parce qu'elle délivrerait le Havre de l'inquiétude de voir son entrée envasée par suite des travaux qui se font dans la baie de la Seine. C'est par ce côté-là que je crois que la question se rattache à celle de la Seine, dont nous n'avons pas parlé encore.

M. le Président. M. Vauthier a quelque chose à dire là-dessus.

M. de Coene. Je le prie de continuer.

M. Vauthier. Je vais parler de la Seine, puisque M. le Président m'y autorise. M. de Coene nous a entretenus d'un ensemble de questions relatives au port de Rouen; il a parlé du port lui-même, il a parlé de la Seine maritime, et enfin de son estuaire. Il a bien voulu indiquer que quelques-unes des idées qu'il exprimait étaient puisées dans un travail publié par moi. Eh bien, comme je veux m'occuper surtout de celles de ces questions qui présentent un intérêt technique, et eu égard surtout à l'heure avancée, je laisserai complètement de côté la question du port proprement dit, et voici pourquoi. Dans la situation où est Rouen, sur un fleuve de grandes dimensions, à 125 kilomètres de la mer, lorsqu'on est arrivé à créer un chenal où puissent circuler les grands navires, la question d'un havre où ces navires puissent séjourner et fonctionner commercialement n'est plus qu'une question de dépense et non une question technique, dans le sens propre du mot.

Il en serait autrement, s'il s'agissait, comme on a longtemps tenté de le faire à Bordeaux, de maintenir comme unique bassin commercial les rades que la nature avait créées, et qui ont longtemps été précieuses. Mais ce problème d'un haut intérêt, alors qu'on ne connaissait pas ou du moins qu'on appliquait peu les bassins à flot, a perdu beaucoup de son importance. Rouen, placé sur le cours de la Seine, jouit, comme on le voit, d'une rade naturelle qui a son importance et sa valeur; mais ce n'est pas là-dessus qu'on peut exclusivement compter pour les besoins de l'avenir. Seulement ce qui ne peut être l'objet d'un doute c'est que lorsqu'on aura créé un chenal, on pourra toujours créer un port.

Les circonstances seront plus ou moins favorables; la dépense à faire sera plus ou moins forte, et cela n'est pas une question secondaire. Mais, techniquement, en y mettant l'argent qu'il faut, la solution est toujours possible pour un port intérieur,et elle ne présente pas à Rouen de difficultés considérables si l'on s'y prend assez tôt.

Mais, à côté de cette question il y en a une autre bien plus grave, qui n'est pas officiellement soulevée, c'est celle d'obtenir pour le port de Rouen un chenal suffisamment profond. La première idée qui se présente pour approfondir un chenal c'est de le draguer. Mais cela n'est pas de mise partout, et ne se justifierait pas sur tous les points d'un long chenal maritime comme celui de la Seine.

Les Anglais usent beaucoup des dragages. Ce n'est pas dire qu'il faille les imiter. On s'est très engoué à une époque, des travaux d'approfondissement opérés à Glasgow; mais ce n'est pas un modèle à suivre. D'ailleurs, la Clyde n'est pas comparable à la Seine. Les marées ne remontent pas au-dessus de Glasgow; elles sont arrêtées par un barrage dans la ville même. Le mouvement ascendant et descendant des eaux n'a que peu de puissance, pour l'entretien du chenal. Aussi faut-il draguer celui-ci d'une manière permanente: ce n'est pas là un idéal.

Newcastle, comme Glasgow, est également privé de ce précieux moyen de nettoyage dû au mouvement des marées. Les Anglais sont néanmoins arrivés à approfondir avec la drague la Tyne sur une grande échelle; mais de tels moyens seraient fort difficiles à employer et seraient surtout très coûteux sur la Seine. Puis, la Seine a des crues de grand volume, et l'effet des dragages pourrait disparaître si on les employait maladroitement.— C'est donc en principe, sauf à appliquer le dragage sur quelques points spéciaux, à d'autres moyens qu'il faut recourir.

Considérons le profil en long du chenal de la Seine maritime entre la mer et le point le plus éloigné qu'atteignent les oscillations de la marée. large, sont celles des hautes et basses mers de mortes eaux. Si l'on suit la ligne du fond, en la comparant avec la ligne des hautes mers, on voit qu'on a de grandes profondeurs sur presque toute l'étendue; le fond dans son mouvement général remonte très peu jusqu'à Rouen. Cependant, il y a là un relèvement très marqué; c'est celui dû au banc des *Meules*. Ce relèvement était même plus accusé encore au moment où le profil en long que nous avons là a été dressé. Le banc des *Meules* a été successivement depuis dragué deux fois. Néanmoins, si vous considérez les lignes des basses mers et surtout l'étiage, le lit de la Seine, en amont de ce banc apparaît comme un bief immense soutenu par un barrage. Ce barrage est, dans une certaine mesure renforcé par le banc des *Flacques* que vous voyez un peu à l'aval. Dans tout le cours de la Seine maritime, ces seuils sont les deux seuls où le fond ne soit pas affouillable.

Dans ces conditions, en draguant ces deux seuils, en y creusant un chenal sur une largeur de 100 à 150 mètres, on ferait disparaître ce barrage, qui empêche l'écoulement d'une puissante tranche d'eau, et on obtiendrait

un effet analogue à ce qui s'est produit il y a trente ans lorsqu'on a endigué une portion de la Seine. Par ces endiguements, on est arrivé à faire disparaître une énorme masse de sable, dont on ne peut pas évaluer le volume à moins de 60 millions de mètres cubes, qui ont été rejetés à la mer ou derrière les digues. Le thalweg s'est abaissé.

Ce changement a eu pour conséquence que les basses mers, qui se tenaient nécessairement au-dessus du profil pointillé, se sont abaissées avec lui. A Rouen, les eaux se maintenaient à 1^{m},20 environ au-dessus des niveaux auxquels elles descendent aujourd'hui.

Si le banc des *Meules* et celui des *Flacques* étaient dragués à la profondeur indiquée au profil, ce qui n'entraînerait qu'une dépense de quelques centaines de mille francs, il en résulterait un abaissement général des basses mers à l'amont, et alors se produirait ce phénomène, qui est le fait important à réaliser, c'est qu'on augmenterait ainsi le volume de l'eau en mouvement dans le fleuve à chaque marée. Le flot en ferait monter davantage et il en descendrait davantage au jusant : une tranche du lit d'environ 30 millions de mètres cubes, que remplit aujourd'hui une eau immobile, se viderait et se remplirait à chaque marée.

Pour donner une idée de la proportion dans laquelle un tel changement améliorerait les conditions d'entretien du chenal de la Seine, je vais citer quelques chiffres. Si l'on mesure, par rapport à l'embouchure de la Risle, qui correspond au point extrême des digues, la quantité d'eau que refoulent à l'amont dans le fleuve les marées de vives eaux et celles de mortes eaux, on trouve pour les premières plus de 80 millions de mètres cubes, et 20 millions de mètres environ pour les secondes. La moyenne, qui n'est pas la demi-somme des deux volumes, est de 56 millions de mètres cubes à peu près. Le même calcul, appliqué à l'état de choses antérieur à l'endiguement, conduit, pour cette époque, à un refoulement moyen de 28 millions de mètres cubes seulement. Eh bien, nous avons indiqué tout à l'heure qu'une tranche de 1 mètre de plus d'eau en mouvement dans cette partie donnerait un cube de 30 millions de mètres cubes. Disons 28 millions, et nous arriverons à ce résultat que le volume moyen refoulé par le flot, qui est aujourd'hui de 56 millions de mètres cubes, deviendrait, après les travaux de dragage, de 84 millions. On aurait augmenté de moitié le volume d'eau remontant dans le fleuve, et la puissance de rinçage dont la marée dispose aujourd'hui pour nettoyer le lit de la Seine se trouverait accrue dans le rapport de 2 à 3. Je me trompe. L'augmentation serait plus considérable, surtout pour la partie au-dessous de l'extrémité des digues, et voici pourquoi. Les eaux qui ont remonté par l'effet du flot et descendent au jusant lorsque la mer s'abaisse, produisent un effet différent suivant qu'elles passent sur les fonds qu'elles balayent au moment où ils sont couverts d'une épaisse couche d'eau, ou alors, au contraire, que la couche qui recouvre ces fonds est de faible hauteur. La question est donc que le volume d'eau que le flot refoule et qui redescend au jusant remonte le plus loin possible dans le fleuve. En rectifiant le lit, comme je le propose, on n'aura

pas seulement fait remonter 28 millions de mètres cubes d'eau en plus qui s'écouleront au jusant, mais en outre le centre de gravité de la masse entière sera arrivé notablement plus haut qu'aujourd'hui. Je n'ai pas présents à l'esprit les chiffres qui se rapportent à la distance croissante du centre de gravité, mais ce dont je me rappelle, c'est qu'en combinant les deux éléments, et tenant compte du volume moyen des eaux douces, lesquelles représentent par marée les 3/8 du volume de l'eau de mer refoulée aujourd'hui à l'extrémité des digues, on a les résultats suivants :

En figurant par 8 le volume de l'eau de mer refoulée, 3 sera celui de l'eau douce, et le nombre 11 représentera le volume total d'eau qui s'écoule au jusant aujourd'hui. Dans le nouvel état de choses, au point de vue des volumes seuls, l'eau refoulée serait figurée par 12, et celle évacuée au jusant par 15. Mais, si l'on fait intervenir la distance du centre de gravité de la masse liquide refoulée, la puissance de rinçage de l'eau qui remonte avec le flot augmente dans le rapport de 15 à 32, et la puissance de celle qui redescend au jusant croît, de son côté, dans le rapport de 18 à 35.

Il en résulte qu'on arriverait ainsi à doubler la puissance de l'eau en mouvement pour draguer les fonds au-dessous de l'extrémité des digues, ou de l'embouchure de la Risle.

Ce phénomène du nettoyage des chenaux maritimes par le jeu alternatif des eaux montant et descendant est l'élément qui est aujourd'hui considéré comme le plus important pour l'amélioration des rivières à marées. Dans les travaux de la Gironde, c'est sur les effets de ce phénomène que l'on compte. On a déjà beaucoup obtenu d'augmentation dans le volume des eaux de rinçage par suite des améliorations de la Garonne en amont de Bordeaux, lesquelles, en abaissant les étiages, ont offert aux marées de plus grands espaces à remplir. La Gironde, il est vrai, est plus favorisée que la Seine. Tandis que les marées ne remontent au-dessus de Rouen qu'à 18 à 20 kilomètres, elles se font sentir, sur la Garonne, jusqu'à 75 kilomètres en amont de Bordeaux. Toutefois, nous l'avons vu, ce n'est pas une raison pour ne pas compter, pour la Seine, sur cet élément puissant : le rinçage par les eaux de marée.

Je ne partage pas toutes les idées de M. Bouquet de la Grye, mais, s'il a formulé théoriquement la loi générale de la conservation du flot dans les fleuves à marée, je suis, sans le savoir, son élève sur cette question. C'est aujourd'hui, pour tous les hommes qui s'occupent des rivières à marées, un point capital. Pour entretenir un tel cours d'eau, il ne faut pas diminuer la quantité d'eau qu'il reçoit de la mer ; pour l'améliorer, il faut faire que cette quantité d'eau augmente.

Les Anglais ont compris avant nous cette grande loi naturelle. Pour la Tamise, par exemple, ils ont été frappés, avant le commencement de ce siècle, de l'obstacle que l'ancien pont de Londres opposait au mouvement des marées. Sous ce pont, construit comme tous les anciens ponts avec de petites arches et d'énormes piles, il y avait, à la montée de la mer, un courant excessivement rapide, et, de l'aval à l'amont, une grande différence de

niveau. Ils ont reconstruit le pont avec un débouché beaucoup plus grand; les volumes d'eau pénétrant à l'amont ont augmenté, et cela a eu pour résultat d'affouiller les fondations et de faire tomber deux ou trois autres ponts qui existaient à Londres. Ils en ont pris facilement leur parti; ils ont considéré que l'avantage d'améliorer la Tamise valait plus que les ponts, et ils sont arrivés à ce résultat que, dans la Tamise, on a des oscillations de marée plus fortes à Londres même qu'à l'embouchure du fleuve.

Pour la Seine, nous sommes loin d'être, sous ce rapport, dans des conditions aussi favorables. A Londres, comme ici, à haute mer, il y a rampe du large vers le haut du fleuve, mais dans une proportion plus forte, et, à basse mer, au lieu de la forte pente de l'amont à l'aval que présente la Seine, l'eau, dans la Tamise, se met presque de niveau; de sorte que l'oscillation, au pont de Londres, est de trois ou quatre pieds, de 1 mètre à 1 mètre 10 si je me souviens bien, plus forte qu'à l'embouchure même. A Bordeaux, ce phénomène se reproduit, et l'oscillation moyenne des marées est plus grande en face du quai des Chartrons qu'à Royan.

La Seine ne jouit pas de cet avantage; mais, si un tel état de choses accuse une infériorité, cela donne d'autre part de la latitude pour les améliorations. Les hauts fonds qui existent aux approches de Rouen, ne constituent pas des obstacles sérieux. Les ingénieurs de l'État eux-mêmes, dont M. Bert parlait tout à l'heure, et qu'il signale comme réfractaires aux idées qui n'ont pas pris naissance dans le corps des ponts et chaussées, considèrent que rien n'est plus facile, au moyen d'endiguements, que de faire disparaître ces surélèvements-là qui sont facilement affouillables. On y travaille en ce moment, et, si les projets sont bien conçus, ce que je n'ai pas mission de contrôler, ces passes difficiles vont disparaître. De télle sorte que, si les bancs des *Meules* et des *Flacques* avaient été abaissés par la drague à la profondeur suffisante, il n'y aurait plus d'obstacles dans la Seine endiguée, et l'on y trouverait un chenal que les navires de mer pourraient remonter par les marées de mortes eaux, avec un tirant d'eau de 7 mètres, et, par les marées de vives eaux, avec un tirant d'eau de 8 mètres 50; c'est-à-dire que les cuirassés pourraient alors fréquenter la Seine et arriver jusqu'à Rouen.

Voilà, pour la Seine en amont de la Risle, ce sur quoi on peut compter, et ce ne sont pas des limites extrêmes. Il serait encore possible, en draguant davantage les seuils résistants, d'abaisser encore les seuils affouillables, de réduire la pente des basses mers et d'augmenter, à haute mer, le tirant d'eau du chenal. Cela serait plus coûteux, sans doute; mais en se bornant à ce que nous proposons, pour ce qui touche la partie de la Seine comprise entre Rouen et Berville, on peut dire que le problème d'un approfondissement s'entretenant ensuite de lui-même par le jeu des forces dont il provoquerait le développement, est soluble, d'une manière certaine, sans dépense exagérée.

Mais — car il y a un *mais*, comme dans toutes les questions — on arrive à l'aval de la Risle à une région du fleuve, qui n'est plus un canal endigué;

c'est l'estuaire de la Seine avec sa largeur de plusieurs kilomètres dans l'étendue duquel le chenal n'est pas encore fixé. Le profil de ce chenal, tel qu'il existait lors de la reconnaissance hydrographique de 1875, montre deux seuils, mais ces seuils ne sont pas permanents; ils sont variables tant en situation qu'en proéminence. Quelquefois ils s'élèvent plus haut que le profil ne l'indique; d'autres fois ils descendent au-dessous de ce niveau. Jai là des graphiques dressés d'après des sondages pratiqués de temps en temps par le service de la Seine maritime, qui mettent bien ce phénomène en évidence. Mais je n'insisterai pas trop sur ces détails; cela retiendrait peut-être trop longtemps l'attention de l'Assemblée.

M. le Président. Vous pourriez nous dire les résultats.

M. Vauthier. J'obéis. Voici ce graphique qui donne, par rapport aux hautes mers de vives eaux, la situation des seuils les plus proéminents de l'estuaire, aux moments où les sondages ont été opérés, pour partie de l'année 1878 et pour les années 1879, 1880 et 1881. Voici, sur le dessin, l'horizontale de 7 mètres au-dessous du niveau des hautes mers. Eh bien, au commencement de 1879, il y a eu un moment où les seuils se sont notablement élevés au-dessus de cette ligne de 7 mètres.

En 1879, les seuils se sont abaissés avec quelques oscillations en plus et en moins, et, en 1880 et partie de 1881, ils se sont tenus constamment à une hauteur de plus de 8 mètres au-dessous des grandes marées. Il y a donc là une difficulté, mais justement cette variabilité de hauteur des seuils, lorsque les causes en auront été bien déterminées, donne l'espoir de résoudre le problème consistant à les maintenir toujours à une suffisante profondeur.

Je n'entrerai pas, à ce sujet, dans de grands développements. Mais je dois dire que je ne suis pas tout à fait d'accord avec M. Bouquet de la Grye sur certaines conditions de l'amélioration de l'estuaire de la Seine. Il n'y a rien à risquer, selon moi, surtout en augmentant fortement, comme je le propose, le volume d'eau refoulé en amont de la Risle, à fixer les contours de l'estuaire, de façon à régulariser ce qui s'est réalisé aujourd'hui.

Depuis que la Seine est endiguée, il s'est formé, au nord et au sud, des alluvions qui se sont arrêtées à peu près suivant les contours que je suis du doigt sur cette carte. Je considère que ces contours, naturels pour ainsi dire, il n'y aurait aucun inconvénient à les fixer et à les régulariser, de manière à venir, au nord, raccorder le prolongement des digues, plus largement évasées qu'elles ne le sont aujourd'hui, avec la côte ferme du nord, en même temps qu'il y aurait grand avantage, au sud, à prolonger la digue suivant une courbe légèrement concave se raccordant avec le port d'Honfleur.

Voici ce qui s'est produit dans l'estuaire depuis que les endiguements sont terminés. Le chenal s'est notablement approfondi, d'une façon permanente, dans la partie voisine de l'extrémité des digues; plus loin, sa profondeur générale s'est également accrue, mais il est coupé par ces seuils, dont je vous ai parlé, qui se déplacent et s'abaissent ou se

relèvent. Une série de courbes relevées à partir de 1875 montrent que, dans l'estuaire, le chenal de la Seine divague énormément. Cependant, depuis quelques années, il tend à se fixer et à suivre des courbes plus régulières. Sur cette carte, qui donne le résultat de la dernière reconnaissance hydrographique faite en 1880 dans la baie de Seine, le chenal décrit une sinusoïde, mais à très grand paramètre : sa base est très développée, ainsi que ses rayons de courbure. Si je mets sous vos yeux les relevés de 1878, par exemple, vous verrez que les courbes du chenal affectent des formes légèrement différentes; et vous remarquerez surtout, peu en aval de la sortie des digues, un fait important : c'est que le chenal est bruquement rejeté vers le nord par la saillie des alluvions qui se trouvent déposées au sud. Si, par le prolongement régulier des digues, cette saillie des alluvions disparaissait, le chenal ne subirait plus cette déviation violente qui est la cause principale des divagations irrégulières qui se produisent à l'aval. En étudiant avec soin ces courbes et les profils correspondants, on constate que, à mesure que le chenal adoucit ses contours et se rectifie, les seuils s'abaissent. Ainsi, les courbes à grand paramètre que je montrais tout à l'heure correspondent à des chenaux profonds; tandis qu'au contraire, lorsque les courbes se brisent, que les sinusoïdes deviennent courtes et irrégulières, les seuils se relèvent et le chenal devient mauvais. On peut donc concevoir, comme conséquence de l'observation des faits, un moyen d'arriver à approfondir, à fixer, et à rendre plus rectilignes les chenaux de l'estuaire de la Seine. Et ces observations sont assez nombreuses déjà pour que l'on voie nettement le sens dans lequel il faut marcher et le but que l'on peut atteindre. Voici un petit dessin que j'ai dressé pour répondre à ce que M. Bouquet de la Grye avait dit à l'une de nos réunions précédentes. Il avait mis sous les yeux de l'assemblée cet autre tracé, qu'il donnait comme le tracé théorique de ce qu'aurait dû être l'endiguement de la Seine au-dessous de Quillebeuf. Prenant pour point de départ l'état de choses qui existait en 1834, avant qu'il eût été fait aucun travail sur la Seine, il donnait ceci comme une sorte de sinusoïde normale suivant laquelle il eût fallu régler les contours du chenal. Entre Quillebeuf et la pointe de Tancarville, les ingénieurs ont adopté une courbe plus ouverte, et je crois qu'ils ont bien fait. Leur tort est d'avoir, au-dessous, poussé les digues en ligne trop droite. Mais nonobstant ce défaut, nonobstant aussi la brusque projection vers le nord causée par la saillie que forment au sud les alluvions à l'aval du confluent de la Risle, quand on observe comment les choses se passent dans l'estuaire lui-même, on voit que la sinusoïde naturelle y est beaucoup plus largement ouverte qu'elle ne l'était avant que les digues fussent établies. A quoi cela est-il dû? En partie sans doute à l'augmentation du volume d'eau refoulé à l'amont, depuis l'endiguement du lit de la Seine. Mais une conséquence au moins que j'en tire et à laquelle je m'arrête, c'est qu'en admettant la loi du mouvement sinusoïdal de l'eau, il faut, dans chaque cas d'application, puiser les éléments des sinusoïdes qui seront décrites,

dans les données réelles de la question, telles que les fournissent les faits observés.

Dans la baie de Seine, cette sinusoïde normale présentera une grande amplitude, conforme à peu près à ce qu'indique ce dessin, et c'est en préparant judicieusement un lit à ce chenal, qu'on parviendra à le fixer et l'approfondir. L'obtention de ce résultat-là est, pour la Seine, le point capital; c'est le nœud de la question, c'est le *clou* comme on dit vulgairement aujourd'hui. Cela ne paraît pas impossible, tant s'en faut; et je ne doute pas que l'augmentation du volume d'eau de marée refoulée dans le fleuve et descendant avec le jusant ne soit un élément considérable d'amélioration qui n'a pas suffisamment encore attiré l'attention des ingénieurs officiels et celle de l'administration, mais dont on ne tardera pas longtemps à reconnaître la portée.

J'aurais d'autres indications à donner, mais l'heure est maintenant trop avancée. Permettez-moi seulement, en terminant, d'exprimer ceci : c'est que la question soulevée par M. Bert et celle dont j'ai eu l'honneur de dire quelques mots après M. de Coene, sont, on peut le dire, des questions du plus haut intérêt national. Si riche à certains égards, la France manque de ports maritimes. Nous en avons en pleine côte qui ont leur valeur; mais, comme ports intérieurs, nous ne possédons à vrai dire que Bordeaux, Nantes et Rouen. Eh bien, le pauvre port de Nantes, s'il n'est pas mort, est vraiment bien malade, et je ne sais comment on le sauvera. Ce sont les ingénieurs chargés, non seulement de le faire vivre, mais de l'améliorer, qui vont, je le crains, contribuer à sa perte avec le canal, destiné à remplacer une partie du cours de la Loire, qu'on exécute en ce moment. Et ma conviction raisonnée est si forte, que je voudrais que ces ingénieurs fussent là pour m'entendre et me répondre.

Quant à la Gironde et à son principal affluent, la Garonne, ce seraient les plus beaux fleuves du monde si la mer avait, à l'embouchure de la Gironde, les mêmes oscillations que celles qui existent dans la Manche, à l'embouchure de la Seine. Auprès de la Gironde et de la Seine, la Clyde et la Tyne ne sont rien comme rivières à marées, et cependant vous savez le parti que les Anglais en ont tiré. Quelque chose de bien supérieur à la Seine, même à la Gironde, c'est l'Escaut, où la mer remonte à 100 et quelques kilomètres en amont d'Anvers, tandis que la marée ne remonte en amont de Rouen qu'à 17 kilomètres. On a, malheureusement, fait dans le fleuve un barrage qui l'empêche de s'étendre plus loin.

Quoi qu'il en soit, la France possède, dans la Seine maritime, à deux pas de Paris, un port intérieur riche d'avenir, et, de plus, le lit d'un grand cours d'eau qui peut devenir une immense rade de refuge pour toutes les flottes, je dirais du monde, si nous ne devions songer d'abord, et avant tout à la France. Il y a donc à améliorer tout cela, à l'élever à son maximum de puissance et de fonctionnement, un intérêt national de premier ordre, tant au point de vue du commerce qu'à celui de la sécurité du pays;

et en parlant ainsi, je n'oublie nullement qu'il est important d'améliorer aussi les conditions du Havre. Rouen ne peut pas suffire à tous les besoins. A 125 kilomètres de la mer, un port ne peut se prêter, comme un port en pleine côte, aux exigences des services réguliers et rapides comme ceux des transatlantiques, par exemple. Mais en se partageant la tâche totale, Le Havre et Rouen ont un rôle éminent à jouer dans le développement de la prospérité nationale. Et en y ajoutant l'élément qu'y a introduit M. Bouquet de la Grye, en faisant remonter jusqu'à Paris les grands navires de mer, la Seine constituerait le plus beau et le plus puissant appareil nautique et commercial qui soit au monde.

M. le Président remercie M. Vauthier de sa communication.

MM. le baron de Derschau, Desmarest et Henrivaux ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à onze heures et demie.

Séance du 21 Juillet 1882.

Présidence de M. Émile Trélat.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 7 juillet est adopté.

M. le Président. Messieurs, vous voyez que nous essayons de rendre de plus en plus habitable notre salle de réunions. M. Fontaine a eu l'obligeance d'installer un premier essai d'éclairage électrique, qui produira moins de chaleur. Il paraît déjà nous donner une lumière égale. Nous possédons d'ailleurs, depuis deux séances, dans les tentures qui environnent la salle, une enveloppe qui prend vite la température du lieu habité, et qui n'est pas comme les murs un agent de condensation épuisant l'eau de nos muqueuses.

M. le Président. J'ai la douleur de vous apprendre la mort de deux membres de la Société : la mort de M. Lacretelle et la mort bien douloureuse de M. Antoine Bréguet, qui s'en va tout jeune, la tête pleine de science, et qui, dans sa courte vie, avait déjà montré parmi nous une puissance de travail considérable. C'est un bien gros deuil.

M. le Président fait part de la nomination de M. Mignon, comme officier de la Légion d'honneur, et de celle de MM. Barat, Couvreux, Crespin (Arthur), Évrard (Alfred), comme chevaliers du même ordre.

Il est donné lecture de la lettre suivante adressée par M. Weil :

Monsieur le Président,

Je reçois à l'instant les procès-verbaux imprimés des visites à l'Exposition d'Électricité organisées par la Société des Ingénieurs civils.

J'y vois que M. Douau, sorti en 1874 de l'École centrale et actuellement secrétaire du Conseil d'administration du Val d'Osne, a fait le 11 novembre dernier une communication sur les procédés et produits électro-chimiques, qui ont figuré à l'Exposition d'Électricité, communication insérée dans le dernier bulletin des Mémoires et Comptes Rendus des travaux de la Société des Ingénieurs civils.

Cet ingénieur, qui n'a pas pris la peine de me demander le moindre renseignement et qui est intéressé par sa situation à amoindrir la valeur de mes procédés, a affirmé des faits contraires à la vérité.

En effet, M. Douau commence son rapport sur mes procédés de cuivrage en disant :

« M. Weil a fait des expériences nombreuses lesquelles, si nos renseignements sont exacts, ont été suivies et appliquées, peut-être avec quelques modifications, par le Ministère de la marine, et je dois dire que les dépenses entraînées par ces expériences se sont élevées à trois ou quatre millions de francs, dépensées en pure perte, etc., etc. »

J'affirme que mes procédés n'ont jamais été appliqués par le Ministère de la marine. La seule chose à ma connaissance et que je n'ai même connue que par les journaux du temps, c'est que le Ministère de la marine a fait l'essai d'un procédé breveté, par M. Barnabé, ayant pour objet le cuivrage des plaques de blindage au moyen d'un bain de cyanure double de cuivre et de potassium et d'une anode en cuivre, procédé, qui n'a absolument rien de commun avec le mien.

Quant à mes procédés, je n'ai d'autre réponse à faire à M. Douau, que de joindre à ma lettre trois communications sur mon procédé de cuivrage, présentées dernièrement à l'Académie des sciences par notre illustre et vénéré maître, M. Dumas, les 12 et 19 décembre 1881 et le 23 janvier 1882. — Ces trois communications sont intitulées :

1° Procédés de cuivrage direct de la fonte, du fer et de l'acier par M. F. Weil.

2° Historique du procédé employé pour le cuivrage direct de la fonte par M. F. Weil.

3° Remarques relatives à la note de MM. Mignon et Rouart sur les procédés de cuivrage, par M. F. Weil.

J'ai l'honneur d'être, etc.

FRÉDÉRIC WEIL.

M. DOUAU. Je ne puis laisser sans réponse la lettre dont il vient d'être donné lecture. Toutefois je dois commencer par déclarer de la manière la plus formelle, que je laisserai de côté tout ce qui touche de près ou de loin à la question de personne. — Les arguments qui touchent à cet ordre d'idées, ne sont généralement pas, en effet, à l'honneur de la cause que l'on défend.

M. Weil, déclare que son procédé n'a jamais été appliqué ni essayé par le Ministère de la marine; je prends acte de cette déclaration qui prouve qu'il n'y a pas eu d'application industrielle, j'avais d'ailleurs eu soin d'adopter la rédaction suivante: « *Si nos renseignements sont exacts*, etc. » Il n'y avait donc ni pour nous, ni pour personne d'affirmation formelle d'un fait qui se trouve être démenti.

Quant à la composition chimique du bain de M. Frédéric Weil, je l'ai indiquée telle qu'elle est portée au *Dictionnaire de chimie* de Wurtz (1876), sous la signature de l'éminent chimiste L. Troost. Voici en effet ce que je trouve page 1525, t. II. « Un procédé qui cherche à rivaliser avec ce dernier (procédé Oudry) est dû à M. Frédéric Weil. Pour réaliser ce cuivrage on suspend les objets en fonte, bien décapés, à un fil de zinc dans une dissolution fortement alcaline contenant du *sulfate de cuivre*, *de l'acide tartrique*, *et un grand excès de potasse et de soude*, etc. — (*Annales de Physique et de Chimie*, 4e série. T. IV, p. 374.)

L. TROOST. »

Nous reproduisons pour la comparer, notre propre rédaction: « La composition chimique du bain de M. Weil est la suivante: « dissolution « fortement alcaline contenant du sulfate de cuivre, de l'acide tartrique, « et un grand excès de potasse ou de soude. »

J'avoue à ma honte que je n'aperçois pas la moindre différence.

Je ne pouvais choisir un meilleur auteur et certes M. Weil ne saurait m'accuser d'avoir reproduit ce qui se trouve dans le remarquable ouvrage que je viens de citer.

Reste donc ce qui est relatif au procédé de MM. Gauduin, Mignon et Rouart, appliqué au Val d'Osne.

J'ai dit en effet « que dès 1873, à l'Exposition universelle de Vienne, « elle (la société du Val d'Osne) exposait des groupes cuivrés dont les dimensions étaient considérables.

En effet, figuraient à cette exposition 2 taureaux, de 2m,60 × 0m,90 de base sur 1m,65 de hauteur au minimum dont le poids était de 1600 kilogrammes environ chacun.

Ce ne sont pas des pièces assez petites pour qu'on puisse les cacher dans un coin, le public les a donc parfaitement connues, et en effet elles ont été achetées en avril 1874 par un membre de la Chambre des représentants de Belgique, M. Warocqué et placées au chateau de Mariemont où elles se trouvent encore.

En 1874. Il a été également fourni des pièces cuivrées à la ville de Paris.

Mars.	5	Poteaux indicateurs.
Août.	10	Candélabres divers.
	3	Poteaux-affiches, etc., etc.

Nous arrêtons là cette citation pour ne pas ennuyer et paraître abuser de l'attention.

Dans sa note sur l'historique du procédé employé pour le cuivrage direct de la fonte, M. Weil dit.

§ 2. — Les bains brevetés par le « Val d'Osne en 1872 et 1873, sont des « bains renfermant des sels de cuivre à *acides organiques* tels que : acide « *tartique*, *citrique*, *oxalique*, etc., des sels alcalins et un *excès d'acide* « *quand ils n'attaquent point trop fortement le fer*. »

Il y a là une erreur de fait, le Val d'Osne n'a jamais pris de brevets, mais ce sont MM. Gauduin, Mignon et Rouart, et je n'ai pu parler que de ce procédé.

Plus loin nous trouvons :

« § 5. — C'est seulement depuis l'Exposition universelle de 1878 — époque « de l'expiration de mes brevets de 1863 — que j'ai pris connaissance ainsi « que le public, des échantillons de cuivrage obtenus par le Val d'Osne. »

Nous avons cité des faits qui répondent à cette assertion, et il y a une contradiction bien singulière que chacun appréciera quand on vient dire que les brevets sont de 1872 et 1873 et que, plus loin, on ne connaît que 5 ans plus tard des échantillons obtenus.

Un mot en terminant, c'est que toutes les notes dont il est fait mention sont seulement de 1881 et il vous paraîtra bien surprenant que l'on attende si longtemps pour revendiquer des droits, si toutefois il y en avait, alors que l'on connaissait les brevets bien antérieurement.

On vous a dit que l'illustre chimiste M. Dumas, les a présentées à l'Académie des sciences; le non moins illustre secrétaire perpétuel M. Dumas, a fait la même présentation pour les procédés de MM. Gauduin, Mignon et Rouart. C'est tout ce que nous avons à dire.

M. Weil. Dans sa réponse à ma lettre du 3 juillet, adressée à M. le Président de la Société des Ingénieurs civils, M. Douau reconnaît que la Marine, contrairement à sa première déclaration conditionnelle, n'a pas appliqué mes procédés de cuivrage. Puis il déduit de ce fait que, puisque la Marine ne s'est pas servie de mes procédés, c'est que ces procédés n'ont pas eu d'applications industrielles. C'est une déduction assez singulière et que je n'ai pas besoin de réfuter. Il me suffira de dire qu'à l'étranger, notamment en Allemagne et en Autriche, on se sert un peu partout de mes procédés. Quant à la France, depuis l'Exposition de Bordeaux en 1865, toutes les Expositions, sauf celle de 1878, ont fait connaître au public, par de nombreux spécimens, ce que mes procédés produisaient industriellement. Je citerai de grandes statues, des statuettes, de grands balcons, des devantures de cheminée, des candélabres, des objets de serrurerie et de quincaillerie, etc., etc. J'ai fait enfin employer mes procédés en Hongrie dès 1870, avec de notables perfectionnements.

M. Douau dit aujourd'hui que ce qu'il a dit de mes procédés se borne à la reproduction fidèle de quelques lignes tirées du *Dictionnaire de chimie* de M. Wurtz, publiées, je crois, en 1865).

L'auteur de cette mention a parfaitement rempli le but que se proposait un Dictionnaire encyclopédique. Il a eu soin de renvoyer ses lecteurs, pour plus amples renseignements, à la description détaillée de mes procédés, publiée, en 1865, aux *Annales de chimie et de physique*, 4e série, tome IV. Si M. Douau avait voulu se renseigner à cette source que ledit Dictionnaire lui indique, ou s'il avait pris la peine d'examiner tous mes brevets, ainsi que les publications y relatives de 1863 à 1870, ou mieux encore s'il avait demandé des explications à M. Rosa, à Pesth, qui a exposé à l'Exposition de Vienne des candélabres, une Vénus de Milo, des balcons, etc., cuivrés par lui au moyen de mes procédés, il aurait été renseigné plus exactement sur mes inventions successives et sur mes droits.

Il aurait vu que les bains que j'emploie pour le cuivrage de la fonte, renferment principalement un sel de cuivre à acide organique (acide tartrique, citrique, oxalique, racémique, etc., etc.), avec excès de ce dernier, c'est-à-dire au moins deux équivalents d'acide organique sur un équivalent de cuivre, des sels alcalins à acide organique, et un alcali. Il aurait vu que, dans mes bains, l'acide organique joue le rôle principal, et que l'alcali libre sert surtout de source d'électricité dans le cas où j'opère le cuivrage au contact du zinc, c'est-à-dire à l'aide du couple zinc et fer actionné par l'alcali. Dans le second cas, où j'emploie une batterie spéciale, l'alcali libre sert surtout à garantir le fer de l'attaque des acides.

Il aurait vu que j'indique comme un des grands avantages de mes bains *alcalino-organiques* (et non pas seulement alcalins, comme M. Douau les appelle), la propriété qu'ils possèdent de dissoudre facilement l'oxyde de fer (la rouille), ainsi que la plupart des oxydes métalliques, sans attaquer le fer métallique, c'est-à-dire, pour employer les excellents termes

de M. Douau lui-même, « que, sous l'action même du bain, il y a un « véritable décapage permanent, » avantage que M. Douau réclame principalement pour les bains dont on se sert au Val d'Osne.

Si M. Douau s'était enfin adressé à M. Achard, membre de notre Société, il lui aurait dit que nous avions déposé, pendant les années 1869, 1870, 1871 et 1872, sur des pièces de fer et de fonte, du cuivre fortement adhérent et en couches épaisses au moyen de mes bains alcalino-organiques et une machine magnéto-électrique. Il lui aurait montré, à mon exposition de 1881, quelques-unes de ces pièces qui ont été cuivrées ainsi de 1869 à 1871.

Ajoutons encore que M. Douau aurait pu, pour tout renseignement, s'adresser à l'exposant lui-même.

M. Douau dit, au sujet de ma deuxième communication intitulée « Historique, etc., » qu'il y avait une erreur de fait; que le Val d'Osne n'a jamais pris de brevet. J'en conviens; mais j'ai voulu désigner par là le procédé dont il se sert, et qui a été breveté en 1872 par MM. Gauduin, Mignon et Rouart. Ma troisième communication à l'Académie, jointe à ma lettre à M. le Président de la Société des Ingénieurs le dit assez. Ce brevet spécifie textuellement après avoir indiqué d'abord deux procédés impossibles par la voie sèche, sous le titre : « Troisième procédé par la voie humide, » que les bains renferment des sels de cuivre à acides organiques, des sels alcalins et un excès d'acide, quand ces acides n'attaquent point trop fortement le fer.

Ces messieurs se font, par conséquent, breveter en 1872 pour les bains brevetés par moi depuis 1863, à la différence près que, tout en employant exactement les mêmes matières que moi, ils y laissent à l'état libre une certaine quantité de l'acide employé.

On ne pourrait pas même prétendre que cet excès d'acide constitue une addition à mes brevets. Il n'y a pas d'addition sans perfectionnements; or, l'acide libre est loin de perfectionner les résultats, attendu que tous les acides organiques attaquent le fer métallique.

Par conséquent, cette différence n'offre ni avantage ni nouveauté sérieuse.

J'arrive maintenant aux questions non techniques soulevées par M. Douau.

Je remercie M. Douau de m'apprendre que, dès 1874, le Val d'Osne vendit à un propriétaire belge une grande pièce cuivrée dans son usine et fournit à la ville de Paris, 5 poteaux, 10 candélabres et 3 poteaux-affiches. Le bruit de cette fabrication n'était pas arrivé jusqu'à moi; c'est seulement à l'Exposition de 1878 que j'appris et que je vis ce que faisait le Val d'Osne en fait de produits cuivrés. Je priai alors un ingénieur distingué d'aller aux renseignements. Il me fut affirmé par lui que le Val d'Osne avait bien commencé de fabriquer en grand, mais que jusqu'à ce moment l'affaire n'était pas encore entrée dans la phase commerciale.

M. Douau trouve extraordinaire de ma part de ne pas avoir réclamé plus tôt. Ce que je viens de dire l'explique suffisamment. D'ailleurs, en 1878, mes brevets expiraient, et il ne m'importait plus de revendiquer mes droits industriels. Il ne me restait plus alors qu'à défendre mes travaux scientifiques et mon droit à l'invention. Je ne me suis résolu à le faire publiquement que plus tard, à l'occasion de l'exposition d'électricité de 1881, où mes produits ont figuré, et après avoir eu la certitude qu'on voulait s'approprier le mérite de mes longs travaux et de mes découvertes.

Quant à ce que dit M. Douau relativement à M. Dumas, il est vrai que le secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences a lu, en séance publique une lettre de MM. Mignon et Rouart, comme il lit et doit lire toute la correspondance adressée à l'Académie. Le même savant a longuement exposé, dans une autre séance, les avantages de més procédés et mes droits de priorité.

M. Seyrig donne communication de sa note sur le système de voies métalliques de M. Livesey, dont mention sommaire avait été faite dans la communication de M. Bergeron, le 16 juin dernier.

La question des traverses métalliques occupe aujourd'hui, dans l'esprit de beaucoup d'ingénieurs, une place fort analogue à celle que prenait, il y a peu d'années encore, la question des rails en acier. On sent qu'il y a, comme l'on dit, quelque chose à faire; on parle de l'insuffisance prochaine du bois, de son épuisement peut-être, mais on en est encore aux doutes sur la possibilité de l'emploi du métal, et comme, dans le début, on n'accordait qu'une confiance limitée au rail en acier, en raison d'une fabrication encore douteuse, aujourd'hui on ne croit pas encore à la traverse métallique, parce que les systèmes expérimentés n'ont pas encore prouvé leur excellence.

L'acier, toutefois a aujourd'hui vaincu toutes les répugnances. Dans peu d'années il pourrait bien en être de même des voies entièrement métalliques. Quelques systèmes connus semblent approcher de la réalisation pratique des *desiderata*, et d'autre part l'expérience prolongée pendant un certain laps de temps, faite avec succès, encourage ceux qui hésitent encore. Quelques données sur l'un des systèmes qui paraît jusqu'ici avoir le mieux résisté à la critique peuvent donc présenter un assez grand intérêt.

La valeur d'un système de voie métallique ne peut être fixée qu'au bout d'un essai d'un assez grand nombre d'années, et ceux-là seuls qui se sont préoccupés de l'entretien courant pendant cette période peuvent apprécier les mérites pratiques d'une voie à traverses métalliques. Un grand nombre des systèmes proposés sont à coup sûr fort ingénieux; mais cette qualité semble avoir été, dans la majorité des cas, cherchée dans l'emploi d'un nombre multiple de pièces accessoires, plutôt que dans la simplicité de la conception.

Or, la simplicité et la réduction du nombre des pièces mobiles ou accessoires est le premier principe de tous, dont il faut ici rechercher l'application. A l'étranger, en pays neuf, plus encore que chez nous, cette vérité devient importante. Ce principe a été réalisé de la manière peut-être la plus complète dans une traverse que M. Livesey a employée pour la première fois il y a seize ans, et dont la forme était presque identiquement celle du modèle présenté à la Société. Depuis lors, des milliers de tonnes, représentant des centaines de kilomètres ont été posées et demeurent en usage avec un plein succès. On peut en voir la preuve dans ce fait qu'aujourd'hui même, les usines qui fabriquent ce matériel ont plus de 110,000 tonnes de commandes, dont la plupart sont faites pour construire les prolongements des lignes où elles sont en service depuis le temps que nous venons de dire.

Muni de ses derniers perfectionnements, et tel qu'il est employé aujourd'hui, ce système consiste en une cloche, de forme ovale, en fonte ou en fer, dont la partie supérieure porte une face plate, sur laquelle repose le rail. Du côté extérieur, cette face porte un rebord contre lequel appuie le rail, sur toute la longueur de l'appui lui-même. Aux extrémités de la portée se trouvent des crochets venus de fonte qui recouvrent les bords du patin, prévenant un soulèvement qui a du reste une faible tendance à se produire. A l'intérieur on trouve, au milieu de la portée, une saillie de la fonte, dans laquelle est noyée une plaque en acier, nervée du côté libre, et corruguée ou striée du côté qui regarde le rail. L'inclinaison de cette plaque est appropriée à la forme d'un coin en fonte, lequel est chassé entre la plaque et le patin du rail, agissant comme le coin en bois de la voie ordinaire, sauf en ce qu'il opère particulièrement le serrage du patin plutôt que de l'âme. Ce coin porte d'ailleurs de légères stries, correspondantes à celles de la plaque. Chassé au marteau, ce coin fait pénétrer ses stries dans celles de la partie fixe, et il est évident qu'aucun desserrage ne peut se produire sous la trépidation occasionnée par le passage des roues. Veut-on au contraire défaire la voie pour changer le rail ou la traverse, un coup de marteau en sens inverse suffit pour dégager le tout, l'élasticité de la mâchoire d'acier étant bien suffisante pour permettre ce mouvement, de même qu'elle a, au moment de la pose, permis l'introduction du coin.

Deux cloches semblables composent une traverse, étant simplement reliées entre elles par un fer plat placé de champ. Deux modes de liaison différents peuvent être employés pour faire l'assemblage de cette entretoise avec les cloches. On peut se servir d'une seule clavette par cloche, placée dans un renfoncement central, sous l'axe du rail lui-même, clavette courbe, qu'on ne peut plus enlever, une fois que le rail est placé. Cette disposition ne permet pas d'élargir la voie en certains points, ainsi qu'on le pratique généralement dans les courbes. Dans les chemins à grande courbe et à faible vitesse, on néglige souvent cet élargissement, et, dans ce cas, on arrive au type le plus élémentaire, à la pose la plus simple. Mais on peut se réserver la faculté d'élargissement d'une manière également fort simple par

l'emploi d'une clavette et contre-clavette, placées de part et d'autre de la cloche. Ces deux pièces sont de dimensions différentes, et il est facile de se rendre compte qu'en plaçant à l'intérieur ou à l'extérieur la pièce la plus étroite, en le faisant à l'une des cloches ou aux deux, on obtiendra sans peine trois dimensions de voie, qui suffiront presque toujours dans les chemins qui ne sont pas de tout premier ordre. Si l'on veut arriver à des voies plus théoriquement parfaites encore, il est aisé d'employer des entretoises percées d'une manière différente, et l'on peut ainsi atteindre toutes les largeurs intermédiaires ou supérieures que l'on peut désirer.

Les cloches se font en tôle, et même en tôle d'acier, d'une manière tout analogue à celles en fonte. Seulement il faut alors appliquer sur le dessus de la cloche des pattes rivées qui font le même office que les rebords et la mâchoire, dans la cloche en fonte. Le coin subit une légère modification dans sa forme et devient plus petit, plus simple. Ce type ne permet pas non plus l'emploi de la clavette unique pour l'entretoise, mais exige toujours la double clavette dont nous avons parlé plus haut.

En examinant ce type de traverse, on remarquera que toutes les parties qui le composent sont des plus robustes, et que les surfaces en contact sont aussi larges que possible. Ce dernier point est d'une grande importance, quoiqu'il semble être négligé dans un grand nombre des systèmes proposés en Europe. Plusieurs d'entre eux ont cependant donné des résultats peu satisfaisants, simplement parce que les surfaces de contact entre les parties mobiles ou qui transmettent des efforts sont trop petites. En moins de dix ans on a vu des têtes de boulons se faire un logement qui traversait presque l'épaisseur du fer dans une traverse métallique ; des têtes de crampon dont l'appui ne se faisait que d'un seul côté, ont été retrouvées passant de l'autre côté du fer, au bout de sept ans environ.

Il paraît prouvé aujourd'hui que ce n'est pas la rouille qui est à craindre, pour la durée des traverses en fer. On peut hardiment assurer qu'à ce point de vue, trente ou même quarante ans de service n'amèneront pas la destruction d'une cloche en fonte, ayant de 8 à 9 millimètres d'épaisseur. Cela montre l'importance qu'il faut attacher à ce qu'il ne puisse se produire d'indentation sur les pièces, par suite de surface d'appui ou de serrage trop faible, autrement la destruction locale précéderait l'affaiblissement normal qui doit décider de la durée de l'ensemble de la traverse.

Cette usure définitive de la traverse et son remplacement n'est cependant pas l'élément le plus important dans l'évaluation d'un système semblable. Il est plus nécessaire encore d'éviter les frais d'un entretien constant et les dangers inhérents à des parties susceptibles de s'affaiblir trop vite. On perd souvent de vue qu'il y a quelque chose de très illogique à fixer un rail de forte section, destiné à supporter des efforts et des chocs importants, au moyen de petites pièces en fer n'ayant que 12 à 15 millimètres de côté, et dont la surface d'appui n'a guère que cette dimension en carré. Cela devient absurde quand on veut y faire passer de lourdes locomotives à de très grandes vitesses. Cela peut durer un peu de temps, mais la durée

de l'attache sera infailliblement inférieure à celle de la traverse elle-même. L'objectif principal, en projetant une traverse métallique doit être de faire en sorte que la voie, une fois posée, soit assez solidaire dans toutes ses parties, pour qu'aucune vibration ne fasse relâcher les attaches. La moindre mobilité réciproque des parties entraîne une rapide destruction de la voie, et par conséquent nécessite un entretien dispendieux, en même temps qu'elle constitue un danger permanent. Les pièces doivent être aussi peu nombreuses et aussi simples que possible.

La conséquence de cette simplicité sera, d'un autre côté, une facilité de pose très grande, même par le moyen d'un personnel qui n'a aucune éducation. Ce but est atteint à un haut degré par le système qui nous occupe. En pays non civilisé, les manœuvres les plus ignorants ne peuvent commettre aucune erreur. Deux pièces accessoires seulement sont nécessaires, la clavette et le coin, et leur forme est telle, que même avec une mauvaise volonté absolue, on ne peut s'y tromper. Une fois en place, il est impossible de les déranger. La clavette se trouve enfermée par le rail, et le coin se trouve maintenu d'une façon invariable par le fait des stries intérieures dont nous avons parlé. En même temps les surfaces en contact sont très larges. La poussée latérale du rail est efficacement supportée par la nervure longitudinale et les efforts de soulèvement accidentels sur le rail sont combattus, non par une tête de boulon, mais par deux larges rebords du côté extérieur, et par le coin tout entier du côté intérieur. Le rail se trouve en quelque sorte serré dans une forte machoire d'étau. Il ne peut même se déplacer longitudinalement, ainsi que cela arrive assez souvent dans le cas de fortes pentes.

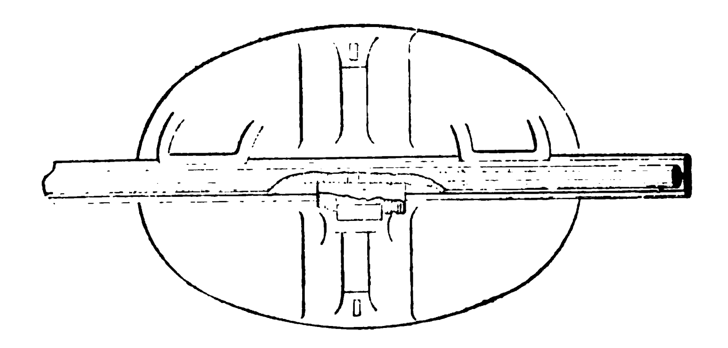
La forme de la traverse elle-même a son importance. Des formes peu profondes ne donnent, en pratique, que des résultats beaucoup moins satisfaisants que celles qui assurent la prise sur un volume de ballast plus considérable. Cela semblerait évident, et cependant on ne trouve que rarement cette préoccupation dans les traverses mises à l'essai. Une forme ayant de la profondeur en dessous donne une résistance latérale très grande, et si l'on peut comprendre la traverse entre du ballast placé dessous et dessus, on aura une prise bien plus ferme sur le sol. La voie qui donne le plus d'ennuis est celle qui peut rebondir après le passage du train, et ce mouvement vertical est infiniment plus destructif que la circulation des véhicules. Des traverses ou des cloches très creuses en dessous, dont une partie peut cependant être recouverte par du ballast sont celles qui donneront les meilleurs résultats.

La portée du rail sur la traverse doit être aussi longue que possible, et dans ce but on a choisi la forme ovale. Tout en diminuant le nombre des traverses, elle permet de rapprocher les points d'appui du rail. On pourra ainsi se trouver conduit à une section de rail plus faible, ou bien, dans le cas où l'on croira devoir conserver des rails d'un poids élevé, on les supportera en des points beaucoup plus nombreux qu'avec des traverses à point d'appui unique. On a exprimé parfois la crainte que ce double point

d'appui n'entraîne un mouvement d'oscillation des traverses autour d'un axe transversal à la voie, mais l'expérience déjà longue a prouvé que cette crainte est sans fondement, ce roulis des traverses ne se produisant à aucun degré appréciable.

L'emploi des cloches a un avantage considérable sur la traverse proprement dite, en ce que la surface de support se trouve tout entière concentrée sous le point d'appui du rail lui-même. Chaque élément de la surface portante travaille effectivement. Il n'en est pas ainsi pour la traverse, dont un tiers environ, au milieu de la voie, se trouve dans de très mauvaises conditions, et fait souvent plus de mal que de bien. On sait que si le ballast n'est pas très bien entretenu au milieu de la voie, et si le bourrage y est trop fort, la voie est susceptible de prendre un mouvement de roulis. Cette cause conduit plus souvent à la rupture des traverses en bois que toute autre, et l'on cite des accidents qui n'ont pas d'autre cause. Plus la voie est étroite plus ce danger devient sérieux. Si la voie est très petite, il reste à peine la place voulue entre le rail pour supprimer le bourrage au centre, et les poseurs de voie négligent souvent de faire aucune différence entre le bourrage sous le rail et au milieu. On comprend que sur une voie ainsi mal assise, l'oscillation des véhicules doit être encore beaucoup plus sensible que sur une voie normale. — L'emploi des cloches rend ce défaut impossible, attendu que la position verticale de l'entretoise ne permet à aucune résistance de se produire sous elle.

La surface d'appui doit dépendre de la charge roulante qui devra passer sur la voie. Le poids des cloches elles-mêmes en est également une conséquence. Sur des voies normales, à grand trafic, le poids d'une cloche varie de 45 à 50 kilogrammes. Sur de voies étroites, 25 à 40 kilogrammes suffisent. Le modèle déposé à la Société pèse 37 kilogrammes, il est employé sur des lignes où le poids des locomotives est de 61,5 tonnes.



La fabrication des cloches est faite avec un très grand soin; on les essaye au moyen de la chute d'un poids. Tous les jours on en prélève une certaine quantité sur la fabrication, on les pose sur du ballast, et on y clavette une portion de rail, comme si elles étaient posées définitivement. On y laisse

tomber un mouton de 170 kilogrammes qui vient frapper le centre du rail, et on commence par une série de coups faibles qui tassent le ballast. On élève le mouton successivement à 0.m60, 0.m75, 0.m90 et ainsi de suite jusqu'à rupture de la cloche. L'épreuve prescrite est d'atteindre au moins 6 coups, le dernier étant de 1m,15 de hauteur. Ils résistent presque invariablement à cette épreuve, et souvent atteignent 2m,40 de chute. Les procès-verbaux d'épreuve montrent que la plus forte moyenne, de beaucoup, est celle qui atteint 7 pieds ou 2m,15 de chute.

La plupart des chemins de fer de la province de Buenos-Ayres sont munis de la voie métallique de ce système. Dans ces pays, le ballast ne consiste pas en autre chose que de la terre végétale noire, qui n'est pas du ballast du tout, d'après ce que nous entendons par ce mot. Or il se trouve, que même cette matière donne un résultat suffisant. Le sol se tasse sous la cloche et forme une espèce de pyramide solide sur laquelle le métal s'appuie. Des pluies torrentielles assez fréquentes délavent et entraînent souvent le pourtour des cloches, et l'on a vu des voies sur traverses flottant en quelque sorte à la surface du liquide qui se forme ainsi, tandis que la voie métallique conserve son assiette, et le passage des trains ne se trouve pas interrompu.

Le sable et le gravier forment nécessairement un excellent ballast pour cette voie. Des pierres cassées donnent également un bon résultat, mais devraient être un peu plus petites qu'il n'est habituel. Du gros ballast, de dimensions inégales, contenant par exemple des pierres ou galets, ne conviendra pas plus pour une voie métallique que pour toute autre voie, et la traverse en fer laminé serait peut-être préférable dans ce cas.

Si l'on compare la surface d'appui de la traverse métallique à celle d'une traverse en bois, voici ce que l'on trouve :

Traverse en bois.	2m,30	×	0m,25	=	0m,5750.
2 cloches en fonte ovales de . .	0m,66	×	0m,46	=	0m,4960.

Mais la traverse en bois ne devrait pas être bourrée sous le tiers central de sa longueur, en sorte que sa surface d'appui se réduirait à 0m,38 ou 0m,40. La surface des cloches est donc supérieure à la surface réellement utile de la traverse, et de plus, elle est certainement mieux répartie au point de vue de la stabilité de l'ensemble.

Ces considérations paraissent intéressantes au moment où l'on se préoccupe de l'établissement de nombreuses lignes de chemins de fer dans nos colonies africaines. La courte expérience acquise en Algérie a prouvé que la durée des traverses y était des plus limitées et il y aura certainement lieu, tôt ou tard d'y recourir à l'emploi de voies entièrement métalliques. Il nous semble qu'il était impossible de passer sous silence les résultats acquis ailleurs pendant une expérience de quinze à seize ans, avec des résultats aussi favorables que ceux que nous avons indiqués.

ANNEXE.

Coût d'établissement et d'entretien d'un kilomètre de voie métallique à cloches en fonte, comparé au coût d'une voie avec traverses en bois. — Voie normale, pour trafic moyen.

Prix d'achat de 1 kilomètre de traverses en fonte, 59 tonnes à 125 fr. la tonne.	7,375 fr.
Fret, supposé à 30 francs la tonne, d'Angleterre aux Colonies.	1,770
Pose de voie, à 1 fr. le mètre, prix couramment payé, dans des emplois connus.	1,000
	10,145 fr.
Valeur des vieilles matières lorsqu'on renouvellera la voie, calculés à 10 pour 100 de la valeur primitive.	737 fr.
	9,408 fr.
Intérêts composés à raison de 5 pour 100, pendant 21 années, sur la différence entre le prix d'achat primitif des traverses métalliques et les traverses en bois, soit sur 2,375.. . . . . (On néglige ici les intérêts sur la deuxième et troisième fourniture de traverses en bois).	4,241
Prix de revient total par kilomètre de la voie métallique. . .	13,649 fr.

Voie à traverses en bois :

Premier établissement :	
Prix d'achat de 1,250 traverses en pin ou sapin, à 3 fr. 50 l'une et de 1,750 kil. de boulons et crampons, à 36 fr.	5,000 fr.
Fret de 90 tonnes à 30 fr.	2,700
Pose de voie à 1f,25 le mètre..	1,250
Renouvellement au bout de 7 ans :	
Achat de traverses et accessoires comme ci-dessus..	5,000
Fret.	2,700
Dépose de la voie et pose nouvelle à 1 fr. 60.	1,600
Deuxième renouvellement au bout de 14 ans..	9,300
Prix total des traverses au bout de 21 ans	27,550 fr.

Il en résulterait donc une économie réelle de 13,900, soit environ 50 pour 100.

On remarquera que le prix des traverses a été admis à un minimum et que leur durée a été supposée de 7 ans, ce qui est au delà de ce que l'on obtient dans les meilleures conditions dans des pays chauds.

M. le Président remercie M. Seyrig de sa communication.

M. Piarron de Mondesir donne ensuite communication de son mémoire *sur la statique.*—Nouvelle démonstration du principe des vitesses virtuelles.

L'auteur commence par citer textuellement la définition que Lagrange donne de ce principe à la page 20 de sa *Mécanique Analytique.*

« Si, un système quelconque de tant de *corps* ou *points* que l'on veut, « tirés chacun par des *puissances* quelconques, est en équilibre, et qu'on « donne à ce système un petit mouvement quelconque, en vertu duquel « chaque point parcoure un espace infiniment petit qui exprimera sa vitesse « virtuelle, la somme des puissances multipliées chacune par l'espace que « le point, où elle est appliquée, parcourt suivant la direction de cette même « puissance, sera toujours égale à zéro, en regardant comme positifs les « espaces parcourus dans le sens des puissances, et comme négatifs les « espaces parcourus dans un sens opposé. »

Dans la démonstration que Lagrange a donnée de cette proposition, en s'appuyant sur *le principe des poulies*, chaque puissance est remplacée par un poids.

L'auteur suit cet exemple, et à chaque puissance correspond un poids équivalent qui pend verticalement à l'extrémité d'un cordon passant sur une poulie de renvoi intercalée sur la direction de cette puissance.

Mais au lieu de s'appuyer sur le principe des poulies, comme le fait Lagrange, ou sur tout autre principe de la statique, comme le font les divers auteurs qui ont entrepris de démontrer cet important théorème, l'auteur se base sur le grand principe moderne qui dérive naturellement de la notion du travail mécanique et qui peut se formuler ainsi :

Le travail mécanique se transforme, mais il ne s'anéantit pas.

De ce grand principe découle immédiatement cette conséquence :

Si l'on constate dans un système en mouvement, à une époque quelconque, une certaine quantité de travail, sous quelque forme que ce soit, on doit, à une autre époque quelconque du mouvement, retrouver cette même quantité de travail, sous quelque forme que ce soit.

C'est en somme le principe de d'Alembert, rendu beaucoup plus général par la substitution du terme *travail* au terme *force.*

L'application du grand principe de la conservation du travail transformé

serait pour nous une chimère, si nous ne parvenions à évaluer le travail dans les différentes formes sous lesquelles il se présente, et parfois se dissimule, à nos yeux et à notre esprit.

Pour le but que l'auteur a en vue, il suffit de considérer deux formes seulement : la forme *statique* et la forme *dynamique*.

La quantité de travail que possède un corps dont le poids est P, et qui se trouve suspendu à une hauteur H, au-dessus d'un plan horizontal de comparaison, est évidemment P H. Cette quantité de travail est due à l'action de la pesanteur. Elle est à l'état statique.

L'auteur la désigne, d'une manière générale, par la lettre S, et par l'expression de *potentiel statique*. Il écrit alors :

$$S = P\,H.$$

La quantité de travail qu'un mobile de masse m, animé d'une vitesse u, possède à l'état dynamique, et que l'auteur désigne par la lettre D, est évidemment une fonction de m et de u. L'auteur démontre que cette fonction a pour valeur :

$$D = \frac{mu^2}{2}.$$

C'est le *potentiel* dynamique du mobile, qui n'est autre que sa force vive.

Tout problème de mécanique, où le travail n'affectera que les deux formes S et D, pourra donc être résolu par l'équation générale :

$$(a) \qquad S_0 + D_0 = S + D.$$

Elle exprime en effet que la quantité de travail est la même à deux époques du mouvement choisies arbitrairement. C'est l'expression analytique du principe de la conservation du travail transformé, dans ce cas particulier.

L'auteur fait d'abord une application de la formule (a) à la poulie, et arrive ainsi très simplement à l'équation de la machine d'Atwood. Cette première application semble au premier abord étrangère au théorème des vitesses virtuelles; elle a au contraire son utilité pour la démonstration complète de ce théorème.

L'auteur arrive enfin au système en équilibre décrit par Lagrange.

Il provoque un petit mouvement du système, en superposant un poids infiniment petit ε sur l'un quelconque des poids qui maintiennent le système en équilibre.

Il fait alors observer que ce mouvement sera *alternatif* et se traduira par des oscillations infiniment petites, si l'équilibre est *stable*, tandis qu'il sera *continu*, si l'équilibre est *instable*.

Il considère alors séparément ces deux cas.

Dans le cas de l'équilibre stable, on a deux époques infiniment rapprochées ou la vitesse s'annule, et l'équation (a) se réduit à :

$$(b) \qquad S_0 = S.$$

Dans le cas de l'équilibre instable, l'équation (*a*) se réduit à :

$$(c) \qquad S_0 = S + D.$$

Mais les deux époques comparatives choisies étant infiniment rapprochées, l'auteur démontre, en se fondant précisément sur l'équation de la poulie, que le potentiel dynamique D est un infiniment petit du second ordre par rapport à S_0 et S.

Il en résulte que l'équation (*b*) est toujours applicable à un système en équilibre, que cet équilibre soit stable ou instable.

Cette équation (*b*) conduit immédiatement à la relation :

$$(d) \qquad \Sigma\, P p = \Sigma\, R r,$$

dans laquelle P désigne un des poids qui descendent, et R un des poids qui remontent, par suite du mouvement provoqué par le poids supplémentaire ε, p étant la descente infiniment petite du poids P, et r la montée infiniment petite du poids R.

L'auteur démontre enfin que les descentes p et les montées r ne sont autres que les espaces parcourus par les points d'application des puissances, les premières suivant la direction de ces puissances et les secondes dans le sens opposé.

On voit ainsi que l'équation (*d*) est l'expression analytique, *rigoureusement exacte*, du principe des vitesses virtuelles, tel que Lagrange l'a défini.

M. Piarron de Mondesir. Dans une prochaine séance, je me propose de donner la démonstration de Lagrange sur le même principe, que la plup rt de vous connaissent; mais, à raison du grand nom de l'auteur, j'ai cru devoir la relater et je vous la donnerai dans ma prochaine communication.

M. le Président remercie M. Piarron de Mondesir, de sa communication intéressante sur le principe des vitesses virtuelles. Nous avions tous fait le voyage des vitesses virtuelles. Mais nous n'y avions jamais été par le chemin que vous venez de nous montrer. On y voit quelquefois des perspectives inattendues.

M. Piarron de Mondesir. Il faut bien faire un peu de théorie de temps en temps.

M. le Président. Certainement, de temps en temps, il faut monter sur la montagne pour voir loin.

M. Quéruel a la parole pour exposer ses considérations expérimentales sur la thermodynamique :

Je remercie M. le Président d'avoir bien voulu me donner la parole; il m'était difficile de laisser passer sous silence la note lue, en séance, le 19 mai dernier, par M. Brüll.

« Une théorie, disait Voltaire, est une souris; elle était passée par neuf trous, un dixième l'arrête. » « Cette assimilation burlesque est pleine de sens, ajoute le grand Arago; multiplier les trous que la souris doit traverser, ou abandonnant le langage métaphorique, le nombre d'épreuves auxquelles une théorie sera soumise, tel est le moyen infaillible de faire marcher les sciences d'un pas assuré. »

Si je cite les paroles de ces grands hommes, c'est pour établir que, en communiquant à la Société les épreuves expérimentales recueillies dans le cours de mes travaux habituels, l'énonciation de ces épreuves n'avait rien de contraire à ces maximes, et qu'elles étaient en parfaite conformité avec les indications de ces illustres maîtres.

Or, c'est pour avoir obéi à ces nobles prescriptions, c'est pour avoir fait œuvre de recherche de la vérité, que je me suis attiré l'anathème et l'excommunication; et cependant le préambule de ma communication disait en substance : « Que je n'avais aucune idée préconçue contre l'équivalent dy-
« namique; que des observations m'avaient révélé des discordances dans
« les faits ressortant de cette loi, que ce n'était pas l'ingénieur qui se
« montrait réfractaire à l'équivalent mécanique de la chaleur, mais les faits
« qu'il présentait à cette tribune et dont il n'était que le narrateur fidèle. »

Il n'y avait donc, en l'espèce, aucun motif pour enchérir sur mes opinions, de les présenter comme des protestations contre les idées reçues, d'en faire, sinon un instrument de destruction des travaux des savants, du moins une tentative de désillusion et de déception. Nul point de mon mémoire ne contient d'aussi audacieuses assertions, et encore moins l'inscription en faux contre l'équivalent dynamique de la chaleur qui m'a été attribué.

Ennemi des opinions toutes faites, je ne me suis jamais arrêté sur une affirmation toutes les fois que j'ai trouvé un désaccord. Dans la loi de l'équivalent mécanique, j'en ai trouvé de considérables; je les ai soumises aux épreuves dont parle Arago, aux trous de souris de Voltaire. Je vous ai donné les résultats de ces épreuves : tel est mon crime de lèse-science qui m'a valu la réponse de M. Brüll.

M. Brüll relève dans ma communication :

1° L'équivalent de la chaleur dans le diagramme;

2° Le travail de frottement;

3° L'équivalent mécanique de la chaleur animale;

4° L'écoulement du gaz en volumes constants, sans variation de chaleur;

5° Enfin il conteste l'exactitude des expériences de calorimétrie faites sur des machines à vapeur.

Puis il se borne à qualifier de métaphysique la discussion chiffrée des expériences fondamentales de la thermodynamique que contient mon mémoire, sans s'arrêter davantage à les discuter.

Tout d'abord, il est indispensable de relever la forme et les erreurs d'expressions qui, dans certaines citations, dénaturent non seulement l'esprit

de mon mémoire, mais encore y introduisent des non-sens comme celui qui résulte du mot : *contre-pression* mis à la place de *compression.*

J'ai dit, en effet, et je le répète : « La logique *indique* et non *indiquerait,* « que les mouvements de chaleur sont restreints aux détentes et aux *com-* « *pressions* et non *contre-pressions,* et que les périodes d'écoulement sont « sans effet. En d'autres termes, dans l'aire du diagramme, le triangle cur- « viligne représente seul la fonction de l'équivalence, la partie rectangu- « laire y demeurant tout à fait étrangère. »

Détente et compression d'un gaz sont les similaires opposés; contre-pression n'entre pas dans le raisonnement; cette expression jette une confusion et fait de la citation entière un non-sens, auquel il est impossible de répondre.

Équivalent de la chaleur dans le diagramme. — La démonstration élémentaire à laquelle M. Brüll a eu recours pour prouver que l'aire du diagramme doit être comptée en entier pour l'équivalent de la chaleur va, précisément, me servir à prouver le contraire et à établir l'inexactitude de son raisonnement.

Étant donnés :

Un cylindre, un piston, le fond du cylindre garni d'eau, au-dessous un foyer. Un disque de nulle épaisseur percé d'un orifice, et ce disque interposé entre le piston et l'eau. On chauffe; la vapeur jaillit par l'orifice du diaphragme, soulève le piston d'une quantité *a*, et l'indicateur inscrit en un rectangle ce travail de poussée sans expansion. Le rectangle représentera le travail accompli et, dans l'opinion de mes contradicteurs, la proportion de chaleur disparue selon la formule

$$C = \frac{T_m}{424},$$

et en utilisation de la pleine pression :

$$0{,}06313 \text{ ou } \frac{1}{15{,}84}.$$

Si, au lieu de livrer sortie à la vapeur dans l'atmosphère ou dans un condenseur on prolonge le cylindre indéfiniment et que l'on ferme l'orifice du diaphragme, la vapeur poussera alors le diaphragme, la cylindrée supérieure et le piston d'une deuxième quantité *a*, soit un deuxième coup de piston, et alors une deuxième quantité de chaleur aura disparu. 15 opérations 84 cent. seront l'équivalent de la totalité de la chaleur d'un coup de piston, et en supposant ces 16 cylindrées, en nombre rond, séparées les unes des autres par autant de diaphragmes, comment se fera la répartition de ces 16 évanouissements de chaleur?

On me répondra, et beaucoup d'esprits s'arrêteront à l'idée simple que

chacune des tranches sera affectée de sa part d'équivalent, et qu'il n'y a pas lieu de chercher davantage.

A cela, je réponds que la vapeur se montrerait bien intelligente pour distinguer, dans son écoulement, le moment précis où elle doit se dépouiller de sa chaleur.

La vapeur, dans ce cas, subit une translation inconsciente et passive, molécules contre molécules, les dernières pressées par de nouvelles formations de vapeur, association de chaleur et d'eau, véritable cause extérieure du mouvement d'une tranche de vapeur, qu'on la considère dans un cylindre, dans un tube ou dans une chaudière.

Et qu'on ne s'y méprenne pas, Messieurs, en insistant sur la distinction du travail inscrit dans un diagramme, entre la partie rectangulaire et la partie triangulaire curviligne, et en réduisant à cette dernière partie l'équivalent mécanique : ici je me fais défenseur de la thermodynamique.

En effet, la raison se refuse à admettre une chute de température ou un évanouissement de calories par une simple circulation de vapeur, d'air, de gaz hydrogène, etc., lorsque ces gaz demeurent en volumes constants. La circulation du gaz hydrogène dans de longues canalisations, où une poussée successive est constamment exercée, n'accuse aucune chute de température du gazomètre au brûleur.

L'obscurité sur ce point de l'équivalent dynamique est telle, que certains savants allemands, je l'ai dit, n'attribuent au kilog. de vapeur que $596^{cal},8$ au lieu de 637, nombre admis, basant leur raisonnement sur un prétendu évanouissement de chaleur par le seul fait de son association avec un liquide. Cette hypothèse n'est pas acceptable en ce qu'elle serait contradictoire avec elle-même, et, sans insister davantage devant son impossibilité, on peut dire qu'aucun physicien ne calcule sur cette base et qu'on prend pour formule :

$$C = 606,5 + 0,305\ T.$$

Donc, la période d'admission de vapeur dans un cylindre moteur et celle de refoulement de gaz quelconque dans un cylindre compresseur, sont toutes les deux des fonctions d'écoulement à volumes constants, comme les solides et les liquides, et, à ce titre et suivant la loi thermodynamique, ces gaz ne peuvent être affectés dans leur calorimétrie.

Et cette appréciation est si juste que M. Jules Armengaud, aux remarquables travaux auxquels M. Brüll me renvoie pour prouver mon erreur, que M. Armengaud, dis-je, est au contraire pleinement de mon avis sur ce point important, et d'opinion opposée à celle de mon honorable contradicteur. M. Armengaud, vaillant défenseur de la science thermodynamique, n'admet, pour la représentation de l'équivalent mécanique de la chaleur, que la partie curviligne du diagramme excluant la partie rectangulaire. C'est ainsi qu'il a traité la question dans ses ouvrages et l'a, au surplus, confirmée dans la séance du 28 mai dernier.

Frottements dans les paliers. — Si mon mémoire ne donne pas par le menu les calculs relatifs à la puissance consommée dans une paire de paliers d'arbre premier moteur (volant et manivelles), c'était pour éviter des longueurs inutiles. Chacun de nous est familiarisé avec les formules et les coefficients tabulaires des frottements. Et cependant M. Brüll, je dois le faire remarquer, crée dans son argumentation une certaine ambiguïté, en qualifiant ces coefficients « à la fois si utiles et si dangereux. » Ces prémisses sont à deux fins, affirmatifs et négatifs à la fois; ils peuvent servir à absoudre ou à condamner selon la nécessité.

L'argument de mes contradicteurs contre le non-échauffement de ces paliers, consiste à passer sous silence et à dessein les valeurs résultatives données par mon mémoire. Je vais rétablir le calcul dans son intégralité :

Diamètre de l'arbre, $0^{m},250$	= log.	9,39794		
π	= »	0.49715		
Révolution de l'arbre, 36.	»	1,55630		
Poids du 1er moteur, 21,000 kil.	»	4,32222		
K coefficient de frottement, 0,0455.	»	8,65781		
$6^{ch},001$, ou par minute, 27,003 km.	»		=	4,43142
$60' \times 424^{km}$ = 25440 km.	»		=	4,40552
En calories, par seconde, $1^{cal.},061$.	»		=	0,02590
$60'' \times 60' \times 12$ heures, 43,200.	»		=	4,63548
Calories en 12 h., 45850.	»		=	4,66138

Je fais observer que le coefficient 0,0455 est des plus faibles pour un arbre premier moteur. Néanmoins, il donne bien 45,850 calories, nombre déjà indiqué dans ma communication du 28 avril dernier.

Après avoir passé sous silence et à dessein les valeurs numériques quelque peu gênantes pour la réfutation, on établit un raisonnement analytique basé sur un fait inexact. Mon mémoire relate des paliers absolument froids, c'est-à-dire ne présentant aucune différence de température sensible avec les pièces inertes de même métal avoisinantes et sans contact entre elles; et cependant l'on part de cette supposition, contraire à la vérité que les paliers avaient acquis une température supérieure à celle du local, et que l'équilibre de production de chaleur, d'une part, et d'écoulement par rayonnement et par contact de l'air, de l'autre, s'était établi, de telle manière que l'échauffement demeurait stable. Les prémisses du raisonnement de mes contradicteurs étant inexactes, puisque la chaleur sensible dans le palier fait défaut, la conclusion éprouve le même sort.

Néanmoins, prenant l'hypothèse de l'échauffement des paliers, en supposant que cet échauffement ait pu échapper au contact de la main, recherchons le degré de température qui fera équilibre entre la production de chaleur par le frottement et l'écoulement de cette chaleur par les surfaces.

La surface des deux paliers et des parties avoisinantes de l'arbre étant de 2 mètres carrés par chaque palier; les calories produites étant 45,850 en 12 heures, on a, par mètre carré et par heure :

$$\frac{45,850}{2+2+12} = 955 \text{ calories.}$$

Par les formules de Péclet, on a :
Pertes par rayonnement $R = Kt\,(1 + 0,0056\,t)$.
Pertes par contact de l'air $A = K't\,(1 + 0,0056\,t)$.

D'où :

$$= \frac{-(K+K') + 4\,[0,056\,K + 0,0073\,K']\,955 + (K+K')^2,}{2\,(0,0056\,K + 0,0073\,K'),} = 105^\circ,82.$$

La température ambiante étant de 20°,

$105^\circ,82 + 20^\circ = 125^\circ,82$ pour la température des paliers.

La main, même la moins exercée, ne peut méconnaître de pareilles différences de température, et l'on peut conclure sans imprudence qu'il est des cas où la puissance mécanique n'a pas d'équivalent de chaleur.

A ce fait observé de frottement énergique sans production de chaleur, on oppose les expériences de M. Joule, qui, dans des pièces frottantes, a trouvé un équivalent de 425 à 426 km pour une calorie.

Sans contester les résultats d'expériences à petite échelle faites par nos premiers savants, il serait bon de savoir si les corps frottants étaient tout à fait à l'abri de l'air. A mon avis, l'air joue un grand rôle dans la production de la chaleur, et j'attribue ces échauffements spontanés et rapides à l'introduction de l'air dans le frottement. L'air, en effet, introduit dans le coussinet s'y triture, se combine avec l'huile, opère une manière de combustion qui chauffe les parties frottantes. La fleur de soufre destinée à éteindre cette combustion est parfois insuffisante ; on doit recourir à un filet d'eau courant dans le frottement pour arrêter la combustion en empêchant l'air d'y pénétrer.

Donc, l'air paraît jouer un grand rôle dans la production de chaleur dans les frottements.

En écartant les arguments positifs, les valeurs numériques d'un contradicteur, il devient aisé de se donner raison : mais est-ce bien là un procédé de discussion sérieux ?

Équivalent mécanique de la chaleur animale. — Sur la question de l'équilibre de chaleur animale, M. Brüll passe également à dessein sur les chiffres présentés à l'appui de mon raisonnement, sous prétexte qu'ils ne lui ont pas paru exacts.

La démonstration de l'inexactitude des chiffres eût dispensé en cas d'écart considérable, de toute discussion ultérieure.

Sur cette question on semble me reprocher d'avoir soutenu que l'utilisation des substances oxydables, dans l'économie animale, devait être entière; alors que cette utilisation n'est point directement en cause; mais au contraire elle est supposée absolue, pour mettre en lumière l'insuffisance de la chaleur animale pour faire face aux absorptions de chaleur par le travail forcé.

Voici, du reste, sous la forme de l'utilisation, de nouvelles valeurs numériques :

La moyenne consommation d'aliments oxydables est de 250 grammes, nombre donné et accepté en séance.

$0^k,250$ carbone	selon Dulong.	=	1792,5
—	selon Favre et Silbermann. . .	=	1958,
	Moyenne. .		1875

Étant considéré :

1° Que la dépense de chaleur chez l'homme pendant le sommeil, est de 29 calories;

2° Que le travail de l'homme oisif est de $0^k,50$ pendant $13^h\ 1/2$;

3° Que le travail du manouvrier est de 12 km. pendant 12 heures.

On aura :

$$\text{Le premier } 24^h \times 29^c + \frac{0^k,50 \times 60'' \times 60' \times 13^h,5}{424} = 1875 \times 0,402.$$

L'utilisation chez l'oisif sera de 40 pour 100.

$$\text{Le deuxième } 24^h \times 29^c + \frac{12^{km} \times 60'' \times 60' \times 12^h}{424} = 1875 \times 1,035.$$

L'utilisation chez le manouvrier serait donc de 0,036 plus grande que l'unité.

Ajoutons à cette impossibilité que le calcul suppose que la comburation nocturne réserve à la comburation diurne tout le surplus, et que malgré l'absorption absolue et dépassée de 0,036 des éléments calorifiques, il en reste encore un excès tel qu'il nécessite une vaporisation cutanée pour en débarrasser le sujet.

Dans moi-même, pendant l'accomplissement d'un effort quelconque, je n'ai jamais ressenti de refroidissement local dans les muscles agissants. Si un refroidissement avait lieu, ce refroidissement serait suivi d'une sorte d'engourdissement analogue à celui que l'on éprouve au contact d'un corps froid, engourdissement prélude d'un retour de chaleur.

Expériences de M. Hirn sur la chaleur animale :

M. Hirn a trouvé que l'homme, au repos, absorbe par heure 30 grammes

d'oxygène, qui produisent sensiblement 150 calories, soit 5 calories pour 1 gramme d'oxygène.

Dans la marche ascensionnelle l'homme absorbe 130 grammes d'oxygène qui doivent produire 650 calories.

En réalité on ne retrouve que 250 calories, il manque 400 calories qui ont été absorbées par le travail et les phénomènes musculaires internes.

Ces nombres diffèrent considérablement des éléments physiques admis.

En prenant le carbone pur, le plus puissant des combustibles, et en supposant tout utilisé par la combustion, on trouve que pour fournir 5 calories, il faut : $0^g,619$ de carbone associé avec $1^g,650$ d'oxygène, ce qui donne :

Pour l'homme au repos, à raison de 150 calories à l'heure

$$11^g,25 \times 24^h = 0^k,270 \text{ carbone};$$

et pour l'homme en marche ascensionnelle, dont la proportion d'absorption d'oxygène est cinq fois plus grande : $0^k,270$ carbone $\times 5 = 1^k,350$, c'est-à-dire une quantité de matières oxydables 5, 4 fois plus grande que $0^k,250$ généralement admis.

En citant ces valeurs, je n'ai nulle pensée de mettre en doute l'exactitude des observations de M. Hirn, observations qui ne peuvent manquer d'avoir été faites avec le soin le plus minutieux, mais plutôt pour faire remarquer qu'il y a dans ce sujet des faits qui demandent à être éclaircis, puisqu'ils sortent du domaine ordinaire.

Écoulement de gaz à volumes constants. — Les deux récipients, l'un chargé d'air comprimé, l'autre vide, mis en communication, sont reconnus, bien qu'il y ait un travail anéanti, ne pas indiquer d'équivalent de chaleur de ce travail. Et les explications de ce fait décisif qu'en donnent mes contradicteurs, ne sont autres que celles que donne mon mémoire. Dans ce transvasement, disons-nous ensemble, il n'y a pas de modification dans la somme des volumes et par conséquent il n'y a pas de modification dans la somme des calories. C'est un point sur lequel nous sommes bien d'accord et qui implique l'équivalent de volume pour la chaleur.

Au surplus, les tentatives qui ont été faites pour établir des appareils frigorifiques à air, par voie d'expansion, au moyen d'un jet d'air comprimé ont dû leur insuccès à cette condition absolument nécessaire et qui manquait, c'est-à-dire à l'engendrement du volume en vase clos. A mesure que le volume s'accroît, la pression du gaz s'abaisse par suite de la raréfaction de la chaleur qui en est la base élastique. Ce phénomène implique une relation directe entre chaleur et volume, et prouve que l'abaissement de température d'un gaz ne peut être obtenu que lorsque sa détente se produit dans un espace créé à l'abri des retours de chaleurs.

Pour la production du froid industriel par la détente de l'air, M. Armen-

gaud, à la suite de déductions mathématiques, recommande en vue d'utilisation de la force motrice, d'opérer à basse pression, c'est-à-dire de ne comprimer l'air que de $\frac{2}{1}$ et de détendre dans la même proportion. Le fonctionnement à grande compression et à grande détente exigeant proportionnellement plus de puissance. Ce fait est exact, il établit une relation variable de la valeur E 424 kilogrammètres de l'équivalent dynamique.

En effet, si l'on compare le coût de l'unité de la frigorie obtenue dans les trois cas suivants, on a :

N° 1 compression $\frac{2}{1}$ volume de détente $\frac{1}{2}$; $e = 1.00$.

N° 2 compression $\frac{4}{1}$ volume de détente $\frac{1}{4}$; $e' = 1.30$.

N° 3 compression $\frac{10}{1}$ volume de détente $\frac{1}{10}$; $e'' = 1.76$.

L'avantage des basses pressions et des faibles détentes est manifeste. Mais la thermodynamique n'admet pas de coefficients variables avec les différents cas. La loi est formelle, il ne peut y avoir de distinctions de cette nature quelles que soient les conditions de fonctionnement à basse ou à haute pression, à faible ou à grande détente, l'équivalent doit être stable, chaque calorie doit représenter 424 kilogrammètres du travail développé sur le piston et réciproquement 424 kilogrammètres, doivent représenter une calorie.

Machines à vapeur. — M. Brüll ne s'est pas appesanti sur la discussion des résultats numériques que donne mon mémoire à propos de la vérification de l'équivalent mécanique de la chaleur dans le fonctionnement des machines à vapeur; et cependant nul point du mémoire ne présentait autant d'importance.

Comme précédemment, la note réfutatoire passe à dessein sur les chiffres présentés, sous prétexte que les observations pratiques ne pouvaient avoir la précision de celles du laboratoire et leur être comparées.

Qu'il me soit permis de faire observer que la plupart des expériences de laboratoires portent sur des quantités si faibles, souvent même des fractions de degrés et de calories; quantités dont la moindre influence de température soit par rayonnement, soit par contact, jette une perturbation considérablement plus grande que dans celles recueillies à grande mesure dans les machines à vapeur.

A la rigueur une seule expérience pourrait présenter un caractère suspect, mais un certain nombre d'observations donnant une continuité de résultats identiques, constituent un premier degré de certitude. Qu'est-ce qu'une erreur de quelques milliers de calories lorsqu'il s'agit de millions de calories? Une différence en plus ou en moins de 1 à 1 1/2 pour 100, ne

pouvant jamais atteindre 15 à 16 pour 100, taux supposé de l'équivalent dynamique. D'aussi minces erreurs n'infirmeraient pas les conclusions qu'on en pourrait tirer.

Au surplus, les expériences faites en Alsace, calculées par la chaleur sensible des diagrammes, corroborent à deux millièmes près les valeurs numériques, que présentent mes propres observations, dont les résultats demeurent constants.

La suspicion dont on s'efforce d'envelopper ces observations n'est pas une réfutation. Mes chiffres restent intacts avec leurs conséquences.

Mais si, au lieu de simples dénégations sans preuves, M. Brüll fût venu apporter des résultats d'expériences, que ces expériences collectives ou individuelles contredisent celles de mon mémoire et les infirment, la réfutation de cette partie serait accomplie et je n'aurais pas le moindre mot à y objecter.

Mais, non seulement des faits expérimentaux inédits n'ont pas été opposés à ceux de mon mémoire, mais encore rien n'a été dit, je le répète, qui entame et mes valeurs numériques recueillies et les conclusions qu'on en tire.

Quant au renvoi aux communications de M. Leloutre sur l'analyse du fonctionnement des machines à vapeur, j'ai tout lieu d'être surpris de ce renvoi, car, après une séance et plus d'une heure au tableau, M. Leloutre formulait la conclusion de ses raisonnements mathématiques par une unique équation à deux inconnues, c'est-à-dire par un problème insoluble.

C'est M. Brüll, lui-même, qui en a fait la remarque et demandé la solution en séance, solution encore en souffrance.

Équivalents dynamiques de la chaleur. — Il ne me reste plus à examiner que le sixième cas, qualifié par mon contradicteur de discussion métaphysique. « Ces spéculations transcendantes ne reposent pas sur des « bases suffisamment sûres, » dit-il, et ainsi se borne son raisonnement. Il est vrai que la substance de ce paragraphe est demeurée au mémoire, le compte rendu ne se prêtant pas à sa production, mais je cherche vainement dans cette partie de mon mémoire ce qui a pu paraître une discussion métaphysique, alors que mon sentiment général est matérialiste.

Et d'abord, examinons cette particularité des gaz à deux coefficients de capacité calorifique. La raison de ce coefficient double, présente une difficulté d'intelligence semblable à celle d'un objet qui aurait à la fois deux longueurs : une pour la position horizontale, l'autre pour la position verticale. Tous mes efforts de raisonnement pour admettre ce premier point de deux capacités calorifiques des gaz ne m'ont pas encore convaincu.

Qu'est-ce qu'un gaz? Un solide ou un liquide associé à une certaine quantité de chaleur.

Le point thermométrique de gazéification varie d'un gaz à l'autre : des plus basses températures aux plus élevées; sortant par ces deux extrêmes, des limites de notre observation.

Aujourd'hui, on n'admet plus de gaz permanents; tous les gaz suivent une loi unique. En soustrayant de la chaleur d'un gaz et en l'exposant à une puissante pression, il n'y a pas de probabilité qu'il résiste à la liquéfaction. On peut donc dire que la chaleur est la base essentielle des gaz, et quand nous parlons d'un kilogramme de vapeur à la pression atmosphérique, nous énonçons un décimètre cube d'eau associé à 637 calories dont les volumes sont d'après Zeuner :

Eau.	$0^{m^3},001$
637 calories.	1 » 649
Total.	$1^{m^3},650$

Cette première considération conduit à l'expression significative de *capacité calorifique* d'un corps qui, selon ma pensée, exprime mieux que l'expression « chaleur spécifique » la proportion de pénétrabilité de la chaleur pour élever la température de ce corps de 1 degré.

L'expression de chaleur latente venant de *latere* (cacher) ne me semble pas non plus bien propre à qualifier la chaleur passant à l'état d'expansion sans manifester d'élévation de température, révelant ainsi sa présence par l'accroissement de volume. Chaleur d'expansion ou chaleur de gazéification me paraîtraient plus convenables pour exprimer ce changement d'état.

Ainsi, la transformation du liquide en gaz semble être l'association d'un atome de chaleur avec un atome de liquide, ce qui implique que la capacité calorifique de vaporisation est en raison directe de la division atomique des corps.

M. Pictet, dans son remarquable travail sur les machines frigorifiques, travail communiqué à la Société, le 16 juillet 1880, considère que le volume dû à la vaporisation d'un liquide quelconque est toujours en rapport direct avec la chaleur de gazéification (chaleur latente). « Nous voyons « donc, dit-il, que la production du froid est entièrement indépen- « dante de la nature du liquide employé, elle n'est fonction que de l'écart « des températures que l'on veut obtenir et des quantités de chaleur que « l'on veut soustraire. »

M. Armengaud est du même avis.

On peut donc considérer que la chaleur est directement fonction de volume soit dans la gazéification, soit dans la dilatation.

Enfin, sur ce sujet, M. Jamin conclut :

« D'où il suit que les liquides se dilatent plus que les solides... Il en « résulte que la dilatation des gaz est incomparablement plus grande que « celle des liquides... La température est une fonction de volume variant « dans le même sens que celui-ci. »

Ces préliminaires posés, nous allons examiner les effets de volume et de pression par l'addition de chaleur à différents gaz.

Influence de la chaleur sur la dilatation des gaz et résultats dynamiques qui en sont la conséquence.

NATURE DU GAZ.	DENSITÉ du mètre cube en kil. δ (1)	CAPACITÉ CALORIFIQUE Volume constant. c (2)	CAPACITÉ CALORIFIQUE Pression constante. C (3)	NOMBRES sensiblement égaux. δC (4)	NOMBRE DE CALORIES POUR — DOUBLER LA PRESSION (Volume constant). $273\,\delta c$ (5)	DOUBLER LA PRESSION (Volume constant). Q en kil. m. (6)	DOUBLER LE VOLUME (Pression constante). $273\,\delta C'$ (7)	DOUBLER LE VOLUME (Pression constante). Q' en kil. m. (8)	RAPPORTS $\frac{E'}{E}$ (9)	ÉQUIVALENT DYNAMIQUE D'UNE CALORIE. $\frac{Q}{273\,\delta c} = E$ (10)	ÉQUIVALENT DYNAMIQUE D'UNE CALORIE. $\frac{Q'}{273\,\delta C} = E'$ (11)
Air atmosphérique.	1,293	0,1686	0,2377	0,3073	59,52	7306	83,91	10333	1,414	$\frac{7306}{59,52} = 122,8$	$\frac{10333}{83,91} = 123,1$
Vapeur d'eau......	0,6059		0,475	0,2878	55,57	7032	78,57	10333	1,469	$\frac{7032}{55,57} = 126,5$	$\frac{10333}{78,57} = 131,3$
Hydrogène	0,089578		3,4040	0,3050	58,88	7306	83,26	10333	1,414	$\frac{7306}{58,88} = 124,$	$\frac{10333}{83,26} = 124,1$
Moyenne.....	....	....	....	....	57,99	7214	81,91	10333	1,432	124,4	126,1

Les valeurs δc, du tableau ci-contre, donnent des nombres sensiblement égaux (4e colonne), ce qui établit un rapport constant entre les densités et les coefficients de capacité calorifique de différents gaz.

Les nombres de la colonne n° 5 sont le produit de 273 δc de 1 mètre cube de gaz, doublé de pression par l'addition de n calories (volume constant), et son travail exclusivement dû à la détente (6e colonne). La colonne n° 7 donne le nombre de calories nécessaires pour doubler le volume primitif. 273 δC de 1 mètre cube de sous-pression constante.

La 8e colonne contient le travail en km. donné par le volume de dilatation sans détente, la colonne 9 donne le rapport entre les deux produits de travail, pression constante divisée par le volume constant. Enfin les colonnes 10 et 11 établissent l'équivalent du travail d'une calorie, travail qui diffère très peu d'un gaz à l'autre et dont la moyenne est de $124^{k},4$ par volume constant suivi d'expansion et $126^{k},1$ par pression constante, en comptant bien entendu toute la chaleur pénétrée dans le gaz.

On voit par le rapprochement de ces deux derniers nombres que l'équivalent brut d'une calorie est très sensiblement le même, soit dans le travail qu'elle produit en volume constant suivi d'une détente, soit dans la dilatation à pression constante.

Nous avons dit que la somme de calories recueillies dans l'eau de rafraîchissement de la machine frigorifique, système Giffard, dont il a été question le 28 avril dernier, était de $11^{cal},06$ par seconde, dont voici les éléments de calcul :

Eau froide par minute 95 litres,

Températures $T - t = 7°$

$$\frac{7° \times 95}{60} = 11^{cal},06$$

Si l'on cherche quelle est la quantité de chaleur mise à l'état libre par la compression et la différence des températures, on a :

$$\frac{0,74\,\pi r^2\,l n c d\,(T + t)}{60} = 10^{cal},90$$

0,74 coefficient de chaleur extraite par l'eau de rafraîchissement, la compression étant $\frac{4}{1}$.

$r = 0^{m},770$,
$l = 0^{m},500$,
$n = 60$ révol. par minute,
$c = 0,1686$ capacité calorifique, volume constant,
$d = 1,293$ densité de l'air,
$T = 273°$ zéro absolu,
$t = +17°$ au-dessus de glace.

La chaleur extraite par la compression et recueillie dans l'eau, ne diffère que de :

$$\frac{10,9}{11,06} = 0,9847 \text{ ou } 0,0153.$$

Ce résultat confirme la justesse de cette formule de calcul, formule établie sur l'hypothèse que la chaleur est fonction de volume.

Maintenant, qu'on établisse la relation de la chaleur recueillie avec le triangle curviligne du diagramme, seule cause de production de chaleur, on a :

$$\frac{1865^{k}}{424} = 4^{c},4.$$

$$10^{cal},90 - 4^{cal},40 = 6^{cal},50.$$

Selon la méthode de mon contradicteur, les $4^{cal},40$ représenteraient le travail du triangle curviligne du diagramme, c'est-à-dire la compression et les $6^{cal},50$ représenteraient la partie rectangulaire du diagramme, c'est-à-dire le refoulement.

Selon M. Armengaud, qui ne compte pour la production de chaleur sensible que le travail de compression, il y aurait un excédent de $6^{cal},50$, et, comme je partage son opinion sur cette distinction des deux phases, M. Armengaud doit reconnaître avec moi que la théorie mécanique de la chaleur ne peut supporter victorieusement toutes les épreuves.

Permettez-moi de clore cette discussion de faits observés par l'examen du travail d'un ressort. Le ressort, que ce soit un gaz, que ce soit un métal, agit exactement de la même manière ; l'un et l'autre, chargés d'un effort quelconque, le rendent en intégralité par la détente. Et cependant, au point de vue de l'équivalent dynamique de la chaleur, quelle différence radicale n'y observe-t-on pas ?

Le gaz est modifié dans sa température par la compression ou la détente, tandis que le ressort en acier ne révèle aucune variation de température, soit dans le chargement, soit dans la détente.

J'ai terminé, Messieurs, la réponse que je devais au document important dirigé contre moi. Était-il bien nécessaire de lui donner une forme aussi manifestement en opposition avec nos règlements alors que, moi-même, je ne m'en étais jamais écarté ? Tout sociétaire a droit de présenter à la discussion, non pas des théories abstraites, dénuées de sens et d'utilité, mais des questions qui relèvent de l'art de l'ingénieur. La théorie mécanique de la chaleur qui, à tout instant, se présente dans la pratique de notre art, n'est-elle point un des sujets sur lequel nos discussions doivent le plus s'appesantir pour faire la lumière ? En venant porter à votre tribune les observations faites dans le cours de mes travaux et les méditations qui les ont accompagnées, n'ai-je pas répondu à l'appel de nos règlements et à l'esprit de nos maîtres fondateurs ?

Quelques esprits semblent me reprocher de m'être montré insuffisant

dans ce sujet dont je paraîtrais ignorer toutes les parties. Je connais mon insuffisance et n'ai nullement la prétention de tenir la clef de la science en droite ligne du mont Sinaï, mais si je reconnais ma faiblesse, nul ne peut contester ma bonne foi et ma bonne volonté.

Et, sans établir de parallèle avec la note de M. Brüll, peut-on dire que cette note ait victorieusement réfuté mes observations et mes expériences? Qu'elle ait apporté quelque chose de nouveau, d'inédit en l'espèce? des faits qui contredisent mes expériences et les ruinent? A-t-elle discuté correctement sur les bases en question et réduit mes arguments? Je cherche en vain l'affirmative.

On se borne à nier mes observations, à contester leur exactitude, à rééditer ce que nous avons lu dans les ouvrages ou à me renvoyer aux auteurs dont l'un d'eux, M. Armengaud, est précisément d'accord avec moi sur un point capital et en désaccord avec mon contradicteur, prouvant ainsi contre lui-même.

Raisonner sur des prémisses fausses, c'est aller à une conclusion fausse. La leçon de calorimétrie concernant le frottement dans les coussinets en est une des formes; au début on convient que le palier est froid; pour les besoins de la cause, on finit par le déclarer chaud.

Enfin, le procédé de nier toutes les observations parce qu'elles ne sont pas conformes à la loi de l'équivalent de la chaleur, prend le caractère d'un dogme et sort de l'ordre de nos discussions. Nos règlements n'ont point posé de limite à la science et, sous prétexte d'hérésie, on ne peut excommunier quiconque paraît en douter.

M. le Président. Messieurs, il est trop tard pour que nous engagions la continuation de la discussion du chemin de fer métropolitain; et d'ailleurs j'ai les excuses de plusieurs des personnes qui ont pris part, jusqu'à présent, à la discussion, par conséquent, nous la remettrons à la prochaine séance.

CHRONIQUE

SOMMAIRE. — L'endiguement de la rade du Havre. — Canal maritime de Paris au Havre. — Distribution de Stanek pour machines à soupapes. — Détermination des points importants sur les diagrammes d'indicateur. — Le bois de construction aux États-Unis. — Importation du charbon en Italie. — Une grosse pièce de forge.

L'Endiguement de la rade du Havre. — Au moment où on paraît se préoccuper de l'endiguement de la rade du Havre, il n'est pas inutile de rappeler, ce qui peut être invoqué en faveur de l'intérêt du projet, que cette question a, pour ainsi dire de tout temps, excité l'attention.

Vauban avait signalé l'utilité de ce travail, et, sans remonter aussi avant, on peut indiquer le plan présenté à la fin du siècle dernier, par l'ingénieur de Gaulle, et d'autres projets plus récents, parmi lesquels celui de M. Dubois, fait en 1840. Mais il serait injuste de ne pas mentionner d'une manière toute spéciale le projet très complet étudié en 1870, par M. Jonglez de Ligne, avec devis dressés avec beaucoup de soin par MM. Wallet et Blondin, conducteurs des ponts et chaussées.

Nous croyons utile d'indiquer les données caractéristiques et le point de départ de cette étude, d'après le mémoire publié par l'auteur.

M. Jonglez de Ligne explique tout d'abord l'intérêt que présente l'endiguement de la rade du Havre pour la marine, le commerce, l'industrie, la défense militaire et l'état hydrographique du Havre. La Manche ne présente aucun refuge sur le littoral français, le port en eau profonde de Boulogne comblera en partie cette lacune, mais il est à peine commencé et il faudra des années avant son achèvement ; un abri serait surtout indispensable dans la baie de Seine vers laquelle convergent des milliers de navires partis de tous les points du globe. Il faut que les bâtiments au long cours puissent, à chaque heure de la marée et par tous les temps, se présenter devant le Havre, et attendre en sûreté le moment d'entrer dans les bassins intérieurs. On peut en dire autant des navires de cabotage, et l'exécution du canal de Tancarville, qui intéresse surtout le service de la batellerie avec Rouen, n'ôte rien à l'intérêt de la question.

L'auteur insiste sur l'intérêt que présente l'endiguement pour l'industrie, rendue facilement accessible à toute marée pour les grands navires, la digue pourrait, dit-il, recevoir, s'il était nécessaire, des dépôts de bois, de charbons et de toutes matières premières et encombrantes. Pour donner une idée des avantages que recueillerait l'industrie, il signale une proposition émanant d'une société anglaise, qui exporte les charbons de Newcastle, et autres bassins houillers de la Grande-Bretagne, et qui

consentirait volontiers à payer un droit de 0 fr. 50 par tonne de charbon transbordée dans la rade endiguée. En effet, cette société emploierait pour le transport des charbons de grands navires de 3,000 à 4,000 tonneaux qui, pénétrant par tous les temps dans la rade endiguée, déverseraient rapidement leur chargement dans des chalands, lesquels, remontant la Seine, approvisionneraient le bassin du fleuve jusqu'à Paris; l'auteur admet que les charbons tout-venant coûtant de 6 à 9 francs sur la Tyne, pourraient revenir à 15 francs rendus à Rouen. Le Havre pourrait devenir également l'entrepôt des bois du Nord, non seulement pour le littoral, mais pour Paris et même pour les houillères du Nord; il s'agit là d'une importation annuelle représentant une valeur d'environ 100 millions de francs.

Nous n'insisterons pas sur la question de la défense territoriale, relativement à la protection des richesses du Havre et de ses établissements commerciaux; nous passerons de suite à la question hydrographique. L'endiguement fluvial a tellement modifié l'état de la Seine et des abords du Havre, qu'il est indispensable de défendre la rade par un endiguement maritime, contre les perturbations du courant de Verhaule.

Ce courant, branche détachée du flot de Barfleur et du Calvados, trouvait autrefois la Seine remplie par le flux, lorsque la marée était aux deux tiers de sa hauteur, il se retournait vers l'ouest, en passant le chenal nord du fleuve, et rencontrait le flot descendant d'Antifer, non loin des jetées du Havre; le conflit des eaux, tout en maintenant l'étale dans le port, produisait un certain dépôt des sables amenés des côtes de la basse Normandie par le courant de Verhaule; cet ensablement n'était pas sans danger, et le Havre s'en préoccupait depuis longtemps, bien que le péril ne fût pas imminent parce que la vaste étendue de la baie de Seine, qui n'était pas encore rétrécie par les digues du fleuve, laissait développer librement l'évolution du flot de Verhaule; mais la baie resserrée par les digues de la Seine se remplit beaucoup plus tôt qu'autrefois, et le courant de Verhaule, confiné dans le chenal central du fleuve, se retourne vers l'ouest dès les premières heures de la marée et, sa force étant d'autant plus grande, que la route qu'il parcourt est plus courte, il entraîne des masses de sables plus agglomérés et plus considérables. Le détournement du courant de Verhaule vers l'ouest par le chenal central serait avantageux si le courant d'Antifer descendait assez tôt pour lui tenir tête et le refouler, mais il n'en est pas ainsi et les chiffres des sondes relevées en 1869 montrent que les fonds de 3 mètres dans le sud de la petite rade du Havre ont perdu ce qu'ils avaient gagné depuis quelques années.

Il faut donc, pour remédier au mal, rendre le flot d'Antifer assez puissant pour qu'il attaque et combatte victorieusement le courant de Verhaule sur le méridien d'Amfard et c'est ce que l'auteur espérait réaliser par son projet d'endiguement,

Il base ce projet sur l'étude rationnelle des faits géologiques et hydrographiques, en s'appuyant sur les forces de la nature et en cherchant à achever ce que celle-ci a, dit-il, si habilement commencé et si énergique-

ment conservé; il utilise les bancs de l'Éclat et les hauts de la rade qui, inébranlables depuis quatre siècles, étendent au large leur ceinture rocheuse transversalement aux vents régnants de l'ouest en permettant aux courants de maintenir derrière eux des profondeurs, qui n'ont rien perdu depuis Vauban. Il est donc indispensable de couronner la digue naturelle, que l'Éclat et les hauts de la rade opposent aux vents et aux lames d'ouest, parallèlement aux courants.

M. Jonglez de Ligne composait donc sa digue de 3,500 mètres de longueur totale de deux bras ou alignements se rencontrant sous un angle extrêmement obtus, celui du nord de 1,700 mètres se dirigeant sur le plateau méridional de l'Éclat et l'autre de 1,800 mètres au sud, s'appuyant sur le plateau septentrional des hauts de la rade. Comme moyen d'exécution, on peut indiquer que l'ouvrage devant reposer sur une fondation de blocs naturels, ayant pour revêtement des blocs artificiels; la digue devait avoir, à partir de la fondation jusqu'à la crête, $7^{m},60$ au-dessus des plus basses mers de vive eau et le sommet devait dépasser de 3 mètres, non compris un parapet de $1^{m},50$ le niveau des plus hautes mers. La largeur, à la base, était de 10 mètres et, en couronne, de $4^{m},90$, non compris un parapet de $1^{m},50$.

Nous parlerons plus loin de l'évaluation des dépenses d'exécution de cet ouvrage, nous dirons seulement que l'extrémité sud de la digue aurait été à 2,200 mètres de l'entrée actuelle du port du Havre, et à 3,800 des docks.

L'auteur insiste sur un point; on lui a reproché que sa rade endiguée ne serait pas abritée contre les vents du nord; il explique qu'ayant à choisir entre deux périls, celui qui vient d'être indiqué et celui de troubler la marche du courant d'Antifer, dont on a exposé plus haut l'action d'opposition au flot de Verhaule, il a préféré s'exposer aux vents du nord, qui ne règnent que quelques jours par an, les vents d'ouest soufflant plus de trois quarts de l'année.

M. Jonglez de Ligne prévoit un dragage dans la rade ainsi formée, mais il ne l'évalue pas dans son devis; il ne croit pas que ce travail devra être considérable, parce que la construction de la digue aura, d'après lui, pour effet d'imprimer un nouvel élan au flot d'Antifer, qui opérera un dragage naturel et le travail complémentaire, qui nivellera la profondeur du mouillage et augmentera celle des passes du nord et de l'ouest, s'opérera dans des conditions très favorables; on n'aura à enlever que de l'argile, du sable et de la vase, d'après les indications de la carte lithologique de M. Delesse.

Le devis de l'établissement de la digue a été fait avec le plus grand soin, comme nous l'avons dit, par MM. Wallet et Blondin.

La dépense totale, y compris une somme à valoir de 4.473,000 francs, était évaluée à 35 millions de francs, ce qui fait pour 3,500 mètres, 10,000 francs par mètre courant, Le mémoire indique que la digue de Portland a coûté 12,000 francs par mètre courant, celle d'Holyhead, 15,800; de Cherbourg, 18,000; de Plymouth, 25,000; de Douvres, 40,000 et de Marseille, seulement 9,000; le bon marché de cette dernière s'explique

par la nature de la Méditerranée moins mauvaise que la Manche et sans marée, et par l'emploi fait à Marseille de chaux hydraulique du Theil, qui y revient à un prix relativement bas, vu la faible distance.

Il peut être intéressant, comme point de comparaison, de donner les chiffres les plus importants de la série de prix, qui a servi à l'établissement de ce devis :

Sable de mer passé à la claie, le mètre cube.	2 fr.	17
Galet pour beton, le mètre cube.	2	65
Ciment de Boulogne, les 100 kilogrammes..	9	»
Chaux hydraulique de la Hève, le mètre cube.	17	»
Mortier de chaux hydraulique, le mètre cube.	12	82
Mortier de ciment, le mètre cube.	46	»
Blocs de beton avec mortier de ciment, le mètre cube.	35	75
Moellons siliceux de Graville, le mètre cube.	4	20
Blocs naturels des bords de la Seine de toutes dimensions, le mètre cube.	4	20
Maçonnerie de moellons ordinaires avec mortier de chaux hydraulique, le mètre cube.	13	»
Maçonnerie de ciment avec mortier de ciment, le mètre cube.	31	»
Granit de Dielette, le mètre cube..	83	»
Granit pour pierres de sujétion, le mètre cube.	93	»
Maçonnerie de granit avec mortier de ciment, le mètre cube.	103	»
Maçonnerie de sujétion de granit avec mortier de ciment, le mètre cube.	120	»
Taille droite de granit, le mètre cube.	20	90

Sur les 35 millions du devis, les fondations de la digue sont estimées à 12,765,500 francs, composés de 437,882 mètres cubes d'enrochements en blocs naturels à 4 francs le mètre cube et 308,000 mètres cubes de blocs artificiels à 35 fr. 75 le mètre cube.

M. Jonglez de Ligne terminait son mémoire en indiquant qu'il s'était gardé d'embrasser un plan trop vaste, pensant que plus son devis serait modeste plus il aurait de chances d'être réalisé; c'est pour cela qu'il n'a pas introduit dans son projet l'excellente idée de M. l'ingénieur en chef Bouniceau qui voulait, en 1858, ouvrir au Nord plusieurs bassins à toute mer débouchant dans la petite rade; il est évident qu'un jour viendra où le Havre sera forcé par sa prospérité même de s'étendre vers le Nord en prenant sur la mer une étendue considérable figurée par le triangle qui a pour sommet Sainte-Adresse, pour base une ligne tirée entre la Hève et la jetée nord actuelle, et pour côtés le rivage entre la jetée nord et Sainte-Adresse, et le rivage entre Sainte-Adresse et la Hève; la base du triangle s'appuierait sur un quai d'appontement qui s'avancerait au large, parallèlement aux courants et à la digue de l'Éclat jusqu'aux grandes profondeurs de la rade; en arrière de ce quai se creuseraient des bassins accessibles aux grands navires, par toute mer et sans manœuvres de portes d'écluses;

l'établissement et le chenal actuel seraient réservés, suivant le vœu de M. Bouniceau, au cabotage et à la moyenne navigation.

Quelle que soit l'opinion qu'on puisse former sur la valeur du projet de M. Jonglez de Ligne, il nous a paru convenable de rappeler ce travail étudié avec beaucoup de soin et probablement déjà oublié aujourd'hui, malgré sa date relativement récente, au moment où on présente de nouveau des plans qui paraissent conçus dans le même ordre d'idée.

Canal maritime de Paris au Havre. — Il peut paraître singulier que dans les discussions qui ont eu lieu devant la Société, sur les questions relatives aux améliorations de la Seine entre Paris et le Havre, il n'ait pas été fait mention de la part si considérable qu'ont prise à l'étude de ces questions deux anciens présidents de la Société. Nous croyons donc intéressant de rappeler ici le grand projet de canal maritime étudié, antérieurement à 1830, par MM. Eugène Flachat et Mony; mais avant de passer à l'analyse de ce projet, nous donnerons quelques renseignements sur l'historique de la question, d'après un ouvrage déjà ancien mais contenant une foule de documents intéressants, le *Précis historique et statistique sur les voies navigables de la France*, par M. Grangez, publié en 1855.

L'amélioration de la basse Seine, de Paris au Havre[1], n'a cessé, depuis Colbert, d'occuper les esprits. Longtemps même avant que la capitale ne fût élevée au rang des villes les plus manufacturières et les plus commerçantes de l'Europe, on avait conçu l'idée de prolonger la navigation maritime jusque sous ses murs. En 1760, un sieur Passement, ingénieur pour les instruments d'optique et de mathématiques, présenta un projet par lequel il proposait de faire remonter à la voile les navires jusqu'à Poissy, où il ne s'arrêtait que pour éviter le passage des six ponts qui existaient entre cette ville et Paris. Ce projet ne fut pas jugé indigne de l'attention du gouvernement, plusieurs commissaires furent nommés, des négociants furent appelés, un académicien célèbre en reconnut la possibilité et l'utilité.

Vingt ans plus tard, dit M. l'inspecteur général Dutens, dans son *Histoire de la navigation intérieure de la France*, en 1783, un des ingénieurs dont s'honore le plus le corps des ponts et chaussées, Lamblardie, présenta, dans un mémoire que couronna l'Académie des sciences et belles-lettres de Rouen, le projet d'un canal qui eût longé les rives de la baie de Seine depuis le Havre jusqu'à Villequier, et au moyen duquel il proposait de faire remonter jusqu'à Rouen des navires d'un tirant d'eau de 20 pieds.

Enfin, par un arrêté du 21 vendémiaire an III (12 octobre 1794), Forfait, depuis ministre de la marine, et Sganzin, ingénieur et depuis inspecteur

1. On peut faire remarquer en passant, qu'il faut s'entendre sur ce qu'on appelle la basse Seine; pour les Rouennais, c'est la partie entre Rouen et la mer, tandis qu'à Paris on désigne sous ce nom la partie au-dessous de Paris, par opposition à la haute Seine qui est en amont.

général des ponts et chaussées, furent chargés de remonter la Seine sur un navire à l'effet de reconnaître s'il ne serait pas possible d'approprier le lit du fleuve à la navigation des navires de commerce. Le rapport de ces commissaires, daté du 3 août 1796, contient un exposé curieux de la situation de la Seine, avec l'indication des travaux de redressement et d'approfondissement les plus indispensables pour améliorer cette situation. La dépense à faire n'était pas évaluée à plus de 4,500,000 francs, ce qui prouve combien était restreinte l'amélioration proposée.

Vers la même époque, 1791, un ingénieur également célèbre, Cachin, depuis inspecteur général des ponts et chaussées, s'était occupé du projet d'un canal destiné à remplir le but que se proposait Lamblardie; ce canal suivait la rive gauche de la Seine depuis Honfleur jusqu'au hameau du Plessis, vis-à-vis Villequier.

Les questions relatives à l'amélioration de la Seine ne furent sérieusement reprises qu'en 1820, époque à laquelle l'administration, qui portait toute son attention sur la navigation intérieure, chargea l'inspecteur divisionnaire, Bérigny, d'étudier ce qu'il y avait à faire pour la Seine, sans lui tracer d'autres limites que celles du possible.

Dans l'intervalle, cependant, on avait exécuté le canal et l'écluse de Pont-de-l'Arche pour éviter aux bateaux le passage du pont, sous lequel il existait une cataracte de $0^m,50$, dont la remonte exigeait, de temps immémorial, l'emploi de quarante à soixante chevaux et le secours de deux ou trois cents hommes. Ce passage ne coûtait pas moins de 150 à 200 francs par bateau. L'écluse et la dérivation, dont l'exécution avait été prescrite en 1804, ne furent terminées qu'en 1812.

Voici ce que contient, au sujet du passage de Pont-de-l'Arche, le rapport précité de Forfait et Sganzin:

« Un bateau, prenant 4 pieds 6 pouces d'eau pour passer à Pont-de-l'Arche, en messidor, an III, était halé par cinquante chevaux. Mais cette force était insuffisante; il fallut y suppléer par celle des hommes. Un crieur public annonça l'arrivée du bateau. Trois ou quatre heures après, les habitants de Pont-de-l'Arche et d'Igoville se réunirent sur une place au delà du vieux château. Le nombre était, conformément à l'usage, au moins de six cents personnes de tout âge et de tout sexe. On y voyait des vieillards cacochymes, des enfants de douze à treize ans, des personnes même assez bien vêtues pour faire juger qu'elles ne vivaient pas ordinairement du produit de leur travail. Il fallut sept heures pour organiser cet immense appareil de forces et faire passer le bateau. »

A peu près à l'époque où Bérigny s'occupait des études qui lui avaient été confiées, une Compagnie s'était formée, qui, par la discussion d'un grand nombre de documents commerciaux publics et particuliers et une étude attentive du système des docks de Londres, s'était donné la conviction que la création d'un grand canal maritime de Paris au Havre était possible et devait assurer des produits suffisants pour permettre l'entreprise. Une ordonnance du 15 février 1825 autorisa cette Compagnie à pro-

céder, à ses frais, aux opérations du projet. Ce projet fut présenté en 1827 et complété par de nouvelles études prescrites ou autorisées par l'administration, notamment en ce qui concerne la Seine maritime.

Suivant les dernières dispositions proposées, le canal projeté, étant, à son niveau moyen et habituel, destiné à des navires de 500 tonneaux, devait avoir une profondeur de $5^{m},50$ en amont de Rouen et de 6 mètres en aval. Il avait son origine en face l'embouchure du canal Saint-Denis, traversait la Seine au-dessous de Bezons, puis à Sartrouville et, après avoir suivi la rive gauche, il passait sur la rive droite à Porcheville et s'y maintenait jusqu'au-dessus de Vernon. De ce point à Oissel, le canal était tracé sur la rive gauche en évitant le contour du fleuve qui passe à Elbeuf. D'Oissel à Rouen, on suivait la rive gauche; à l'extrémité de Saint-Sever, on entrait en Seine et on empruntait le fleuve jusqu'à Saint-Paul en aval de Duclair. De ce point au Havre, on établissait un canal latéral à la rive droite, passant, sous Caudebec, dans les marais d'Estelan, dans ceux de Radicatel, au pied de Tancarville, et enfin sous Harfleur.

Le développement de ce canal devait être, non compris 36 kilomètres en rivière entre Rouen et Saint-Paul, de 261,600 mètres; savoir : 194,540 mètres de Paris à Rouen, et 67,060 mètres de Saint-Paul au Havre.

La dépense était évaluée à 146 millions, savoir : pour la première partie 76 et pour la seconde 70, non compris 25 millions pour la construction de docks à Paris et à Rouen; mais, suivant les évaluations de la commission d'inspecteurs des ponts et chaussées, à l'examen desquels furent soumis les projets, la dépense ne devait pas être inférieure à 215 millions.

La Compagnie comptait, dans son conseil de direction, le prince et le duc de Polignac, le comte Mollien, le comte Beugnot, le baron de Vitrolles, le baron Ch. Dupin, Berryer, etc. La révolution de 1830 dispersa les membres de cette Société qui avait déjà réuni des capitaux considérables et qui ne tarda pas à se dissoudre en présence surtout des dispositions arrêtées pour l'exécution d'un chemin de fer.

Les ingénieurs de la Compagnie, MM. Flachat et Mony, avaient publié, en 1829, à l'appui des projets présentés, un mémoire en plusieurs volumes qui restera toujours l'exposé le plus complet et le plus fidèle de l'hydrographie du bassin de la Seine, de toutes les difficultés de la navigation de ce fleuve, du rôle commercial des divers bassins de la France, et en particulier de celui de la Seine.

Ce mémoire contient quatre parties : la première est une introduction qui, débutant par de remarquables considérations sur l'état des circulations par rapport à l'industrie, examine successivement l'état des circulations par rapport au commerce, le système à suivre pour le perfectionnement des communications à propos duquel sont passés en revue les principes en usage en France, en Angleterre et aux États-Unis, l'hydrographie des bassins du Rhône, de la Gironde, de la Loire et de la Seine, et les moyens d'y lier la navigation maritime à la navigation intérieure, le

rôle commercial des bassins de la France et enfin la constitution commerciale du bassin de la Seine, et la nécessité du canal maritime de Paris à Rouen.

La seconde partie est principalement consacrée à la statistique hydrostatique et commerciale de la Seine qui renferme une masse de documents qui devaient avoir un très grand intérêt à l'époque, et sur lesquels il est inutile de nous arrêter; toutefois nous noterons, à titre de curiosité, dans ces statistiques très détaillées, qu'en 1826, le Havre avait importé *via* Liverpool, 163 kilogrammes de caoutchouc, matière qui devait plus tard acquérir l'importance industrielle qu'on connaît; et ensuite, qu'en 1824, Rouen avait reçu 41,000 tonnes de charbon de terre, dont 9,350 tonnes par mer et 31,650 tonnes de l'Oise et de Paris, dont une partie venait de Saint-Étienne et de Decize; la proportion est aujourd'hui singulièrement modifiée.

La troisième partie est un mémoire sur le travail d'art et sur la dépense de construction par M. Bayard de la Vingtrie, ingénieur des ponts et chaussées; cette partie est extrêmement intéressante; elle traite : 1° du profil en travers du canal, de son tirant d'eau et de son tracé; 2° des ouvrages d'art, barrages, écluses, etc; 3° des bases de l'évaluation des dépenses, et 4° de l'évaluation des dépenses d'après ces bases.

Nous ne reviendrons pas sur le tracé qui a été indiqué plus haut; nous nous bornerons à dire que le profil devait comporter une largeur de 16 mètres au plafond et de 30 mètres à la ligne d'eau pour 3m,50 de tirant d'eau avec talus de 2 pour 1; la largeur à la ligne extérieure des chemins de halage devait être de 42 mètres, la largeur entre les lignes extérieures des mêmes chemins de 52, et enfin la largeur totale en dehors des contreforts et rigole de 93 mètres.

Les écluses devaient avoir 12 mètres de largeur et 51 mètres de longueur avec 4m,50 de hauteur d'eau. Il n'y avait pas moins de 17 ponts et 43 passages d'eau par bacs ou batelets dans le projet modifié par la Commission.

Les terrassements étaient évalués à 0 fr. 80 par mètre cube au-dessus de l'eau et à 1 fr. 50 au-dessous, ce dernier prix s'appliquant au dragage par machine à vapeur.

Les dépenses ressortaient d'après l'estimation de M. Bayard de la Vingtrie à :

Indemnités de terrains.	9,705,492 fr.
Indemnités de bâtiments, maisons, usines, etc.	1,194,165
Terrassements.	25,971,095
Barrages.	4,880,000
Écluses et ponts tournants.	9,880,000
Aqueducs, bacs, digues, murs de quais, etc. .	7,740,000
Sommes à valoir.	4,709,248
Total pour le canal maritime sans compter le port de Paris.	64,000,000 fr.

La quatrième partie est le résumé et l'exposé de l'entreprise rédigé par M. Stéphane Flachat Mony, directeur des études. Elle comprend :

1° L'historique des travaux préparatoires faits en vertu d'une ordonnances royale du 16 février 1825 ; il y est indiqué que ces études, faites aux frais de la Compagnie soumissionnaire, se sont élevées à une somme de plus de *sept cent mille francs* et ont duré quatre années.

2° L'exposé sommaire de l'entreprise, dans lequel on trouve une assez curieuse délibération de la Compagnie qu'on s'expliquera en se reportant à l'époque : « Par ces motifs, la Compagnie arrête qu'il sera donné aux profils en travers et aux ouvrages d'art du canal maritime, des dimensions suffisantes pour que des bateaux à vapeur puissent y être admis. Mais, prenant en considération la nécessité de poser une limite à la dépense résultant de cette détermination de la Compagnie, comme aussi aux dommages qui pourraient résulter pour le canal de l'admission de bateaux à vapeur d'un trop fort tonnage, la Compagnie arrête que le maximum du tonnage à recevoir sur le canal maritime sera fixé à *deux cents tonneaux.* »

3° Genre, tonnage et fret des navires qui pourront remonter jusqu'à Paris.

4° Établissement d'un port maritime et d'un entrepôt à Paris dans lequel on trouve des considérations extrêmement remarquables sur les habitudes commerciales de Paris et de Londres, le fonctionnement des docks et le mécanisme des warrants, et le détail du projet d'un port à établir dans la plaine de Gennevilliers que l'auteur proposait de joindre au clos Saint-Lazare, où devait être la Bourse de commerce, par une route ayant deux doubles ornières en *pierre* du genre de celles qu'on emploie en Italie et notamment à Milan ; cette route aurait d'ailleurs pu être avantageusement prolongée dans l'intérieur de Paris.

5° La discussion des tarifs.

6° L'intérêt des ports français et des départements du centre de la France dans la question du canal maritime.

7° L'évaluation des produits.

8° La comparaison du canal maritime de Paris à Rouen avec un chemin de fer de Paris au Havre. Il est bon de s'arrêter un peu sur ce point pour apprécier l'opinion que l'éminent ingénieur avait à cette époque des chemins de fer, alors dans l'enfance. Le chemin de fer entre Paris et le Havre venait d'être proposé par Navier, ingénieur en chef des ponts et chaussées et membre de l'Institut. Il s'agissait encore de traction par chevaux. Il est indiqué que le chemin de fer devant coûter 31 millions, soit pour 220 kilomètres 141,000 francs par kilomètre, le tarif de 14 centimes par tonne et par kilomètre à la remonte et de 10 à la descente ne suffirait pas pour rendre exécutable un chemin de fer entre Paris et le Havre en concurrence avec le canal maritime de Paris à Rouen. Le chemin de fer ne pourvoirait, d'après le mémoire, qu'à une seule nature de besoin ; sa plus grande utilité serait pour les industries de luxe, tandis que le canal maritime serait utile

à la fois à ces industries et à celles de première nécessité. Le chemin de fer n'introduirait d'améliorations que dans les transports par terre dont l'importance totale est de 75,000 tonnes environ, alors que le mouvement par eau dépasse 550,000 tonnes.

9° La comparaison du canal maritime avec un canal de navigation ordinaire, ou la canalisation de la rivière entre Paris et Rouen. Cette partie est intéressante, puisque le système qui a prévalu est l'amélioration de la rivière par le moyen de barrages. L'auteur considère que ce dernier système se bornerait à atténuer les irrégularités du régime de la rivière sans les faire disparaître et qu'un canal ordinaire ne serait pas accessible à la navigation à vapeur sans laquelle il est impossible de concevoir l'amélioration des communications entre Paris et Rouen. Le canal maritime ne coûterait, en réalité, que 25 à 30 millions de plus que la canalisation de la rivière ou qu'un canal de navigation ordinaire et pourrait, en raison des avantages particuliers qu'il présente, recueillir 3,270,000 francs de produits auxquels ces deux projets resteraient nécessairement étrangers.

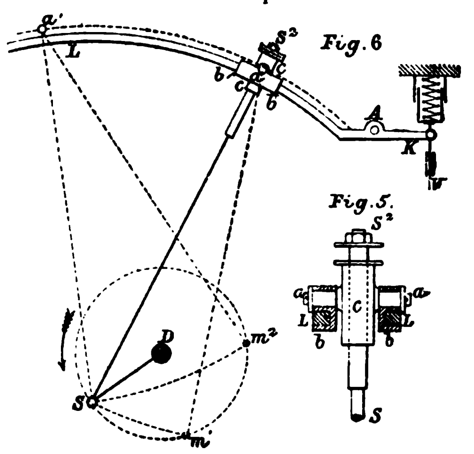
Il nous a paru intéressant de rappeler les principaux points de cette étude si remarquable de deux anciens présidents de la Société, et, si nous avons mentionné l'infériorité dans laquelle s'y trouve placé le projet de chemin de fer, c'est pour faire mieux ressortir que l'application de la vapeur a seule donné à ce mode de transport l'immense développement qu'il a pris.

Système de distribution de Stanek pour machines à soupapes. — La plupart des mécanismes de commande des soupapes de distribution de machines à vapeur agissent par déclics ou cames, en abandonnant les soupapes pour la fermeture ; il en est d'autres qui ne les abandonnent pas ; parmi ceux-ci on peut mentionner la distribution de Stanek, qui constitue une très simple et très élégante solution cinématique. Nous allons la décrire en l'illustrant de quelques clichés, qui nous ont été obligeamment prêtés par le journal l'*Ingénieur*.

La commande de la distribution se fait par un arbre longitudinal D, qui tourne à la même vitesse que l'arbre du volant de la machine auquel il est relié par une paire de roues d'angle, comme on peut le voir sur le plan figure 2. Cet arbre porte deux coudes pour la commande des soupapes d'admission, et deux excentriques pour celle des soupapes d'échappement.

La figure 6 représente le principe du mécanisme des soupapes d'admission. Un bras courbe L a son axe d'oscillation en A, et est relié à la tige de la soupape par une autre partie rectiligne K ; sur le bras courbe qui est double, comme on le voit sur la figure 5, est un coulisseau *bb* portant une douille *c*, dans laquelle passe l'extrémité d'une bielle SS^2, dont la tête est sur le coude de l'arbre D. La position du bras L représentée sur la figure 6 est celle qui correspond à la fermeture de la soupape, c'est donc la position la plus élevée du bras L et la plus basse

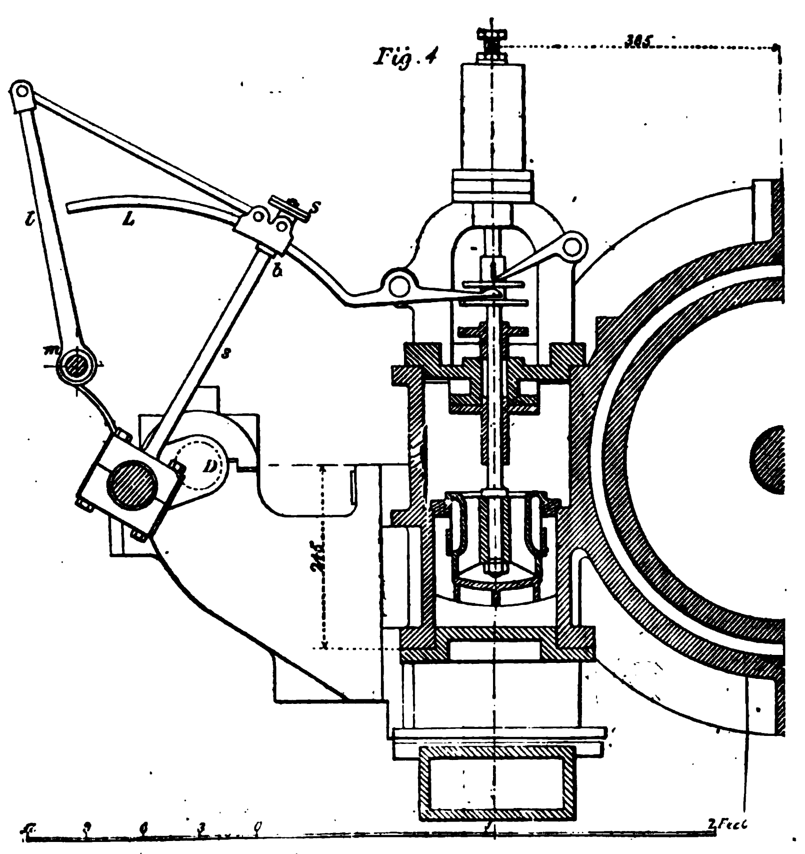
du bras K. Dans cette position, le bras qui est tracé en arc de cercle a son centre sur la circonférence décrite par le bouton de manivelle en S.



On voit que, dans la position représentée, le bras L commence à s'abaisser et par conséquent la soupape à se lever. Dès que le point S sera arrivé

à *m'* (point qu'on obtient en décrivant de *b* comme centre un arc de cercle L *m'* avec *b* S = *b m'* comme rayon), le bras K sera revenu à sa position primitive, et la soupape sera de nouveau fermée. Pendant le mouvement ultérieur du bouton de manivelle, de *m'* par m^2 à S, la tige SS^2 passe librement dans la douille *c* sans imprimer de déplacement au bras.

Si maintenant on suppose que les coulisseaux *bb* se trouvent à un autre point du bras L, par exemple en *a*, on voit que l'ouverture de la soupape aura lieu au même point S', puisque ce point est le centre d'où est décrit le bras L, mais que la fermeture aura lieu beaucoup plus tard, c'est-à-dire en m^2.



Le déplacement des coulisseaux *b* sur le bras courbe est opéré par le régulateur et produit la fermeture plus ou moins prompte de l'admission, sans que le point d'ouverture soit changé.

La figure 4 représente la manière dont ce système est appliqué sur des machines horizontales, et la disposition des soupapes d'admission, tandis que la figure 3 montre la commande des soupapes d'échappement dont le mouvement n'a pas besoin d'être varié et est effectué par un simple excentrique monté sur l'arbre D. Ces soupapes sont à double siège, elles

sont en contre-bas du cylindre pour servir à l'évacuation de l'eau de condensation. Une petite disposition très simple les fait tourner d'une fraction de tour sur leur siège à chaque levée.

Les figures 1 et 2, page 98, représentent la disposition générale d'une machine horizontale de ce système, construite par MM. Breitfeld, Danek et Cie, de Prague. Le régulateur Porter g agit sur le coulisseau b par le levier l monté sur l'arbre m. Le cylindre est à enveloppe de vapeur, le cylindre proprement dit et l'enveloppe étant fondus séparément.

Le mécanisme que nous venons de décrire peut s'appliquer également à des distributeurs du genre Corliss.

Détermination des points importants sur les diagrammes d'indicateur. — Il est nécessaire pour les recherches calorimétriques sur les machines à vapeur de déterminer aussi rigoureusement que possible les points des diagrammes d'indicateur correspondants au commencement de la détente et de la compression. La forme des diagrammes ne permet pas toujours de trouver facilement ces points. Le professeur A. Fliegner, de l'École polytechnique de Zurich, a indiqué dans l'*Eisenbahn* une méthode pour y arriver; il construit dans ce but sur le diagramme une courbe qui indique d'une manière plus sensible les modifications du volume derrière le piston. Cette courbe est celle qui représente à chaque instant la proportion de vapeur saturée sèche, dans l'unité de poids du mélange de vapeur et d'eau qui se trouve dans le cylindre.

Soient F, la section du piston;

— s, le chemin parcouru par le piston depuis l'origine de la course.
— s_0, le volume des espaces neutres représenté en fonction de la course.
— G, le poids de vapeur et d'eau admis à chaque course.
— G_0, le poids du mélange de vapeur et d'eau existant au cylindre à l'origine de la course.
— x, la proportion de vapeur sèche dans l'unité du poids du mélange de vapeur et d'eau.
— v, le volume de vapeur sèche correspondant à la pression.
— Z. le volume de l'eau mélangée.

$$u = v - Z.$$

Le volume derrière le piston est à chaque instant représenté par

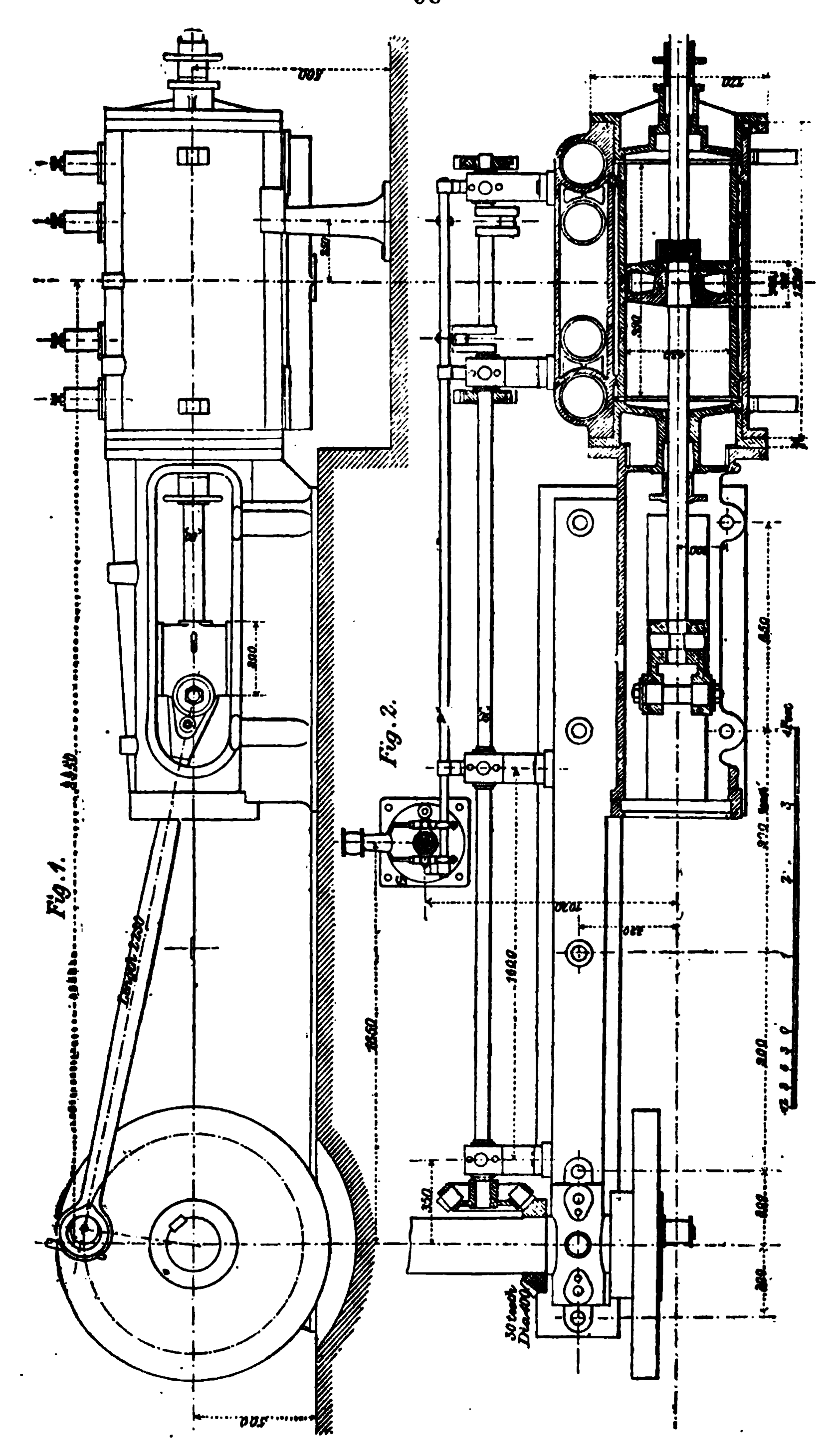
$$(G + G_0)(xu + Z) = F(s + s_0) \qquad (1).$$

pendant la détente, et

$$G_0(xu + Z) = F(s + s_0) \qquad (2).$$

pendant la compression.

Toutes les quantités nécessaires pour le calcul de x d'après ces équations peuvent être obtenues sur le diagramme à l'exception de G_0, et si on adopte l'hypothèse habituelle qu'à la fin de la compression les espaces neutres contiennent de la vapeur saturée sèche (c'est-à-dire que $x = 1$),


Fig. 1.
Fig. 2.

on peut trouver G_0 et par conséquent x. Pendant la détente et la compression $G + G_0$ demeure constant; si alors on continue la construction de la courbe relative à x au delà de la limite de la détente ou de la compression, en conservant la constance de $G + G_0$, on trouve une déviation brusque de la courbe, qui indique les points cherchés.

L'auteur a appliqué cette méthode aux diagrammes relevés sur une machine Compound à distribution par soupapes, soumise à des expériences très complètes par le professeur M. Schröter, de Munich, et a déterminé sur ces courbes les points précis de fermeture de l'admission et de l'échappement, qui n'étaient pas faciles à reconnaître sur les diagrammes eux-mêmes.

Le bois de construction aux États-Unis. — Il y a actuellement 38,000 kilomètres carrés de forêts dans l'État du Maine; mais malgré l'existence d'une étendue aussi considérable de terrains boisés, on ne peut contester que depuis cinquante ans les richesses forestières du pays n'aient été gaspillées de la manière la plus déplorable. Le gigantesque pin blanc, qui avait tant de valeur est devenu très rare, il a à peu près disparu des bords et même du voisinage des grandes rivières du Maine et de la rivière Saint-John, aussi bien que des lacs, où, durant le premier quart du siècle, on voyait des échantillons innombrables de cet arbre magnifique. Ils ont été abattus depuis à profusion par les bûcherons, qui en utilisaient le milieu pour faire des planches et jetaient à la rivière des dosses qui eussent pu servir à la menuiserie. On dit qu'on peut encore trouver dans certaines parties du Maine des pins blancs mesurant $1^m,80$ de diamètre et 75 mètres de hauteur; des arbres de $1^m,20$ de diamètre y sont relativement communs.

Avant la révolution américaine, tout pin blanc mesurant au moins $0^m,60$ de diamètre à la base était considéré comme propriété de la Couronne, et employé pour faire des mâts ou des vergues pour la marine royale. Le pin jaune, un arbre non moins beau qui croît dans le Maine, acquiert presque les dimensions du précédent : son bois est plus dur et a le grain plus serré, on l'emploie généralement pour le bordé et les ponts des navires.

Le pin de Norwège est plus petit, mais les branches sont plus étendues, le bois est serré et l'écorce grossière.

Le pin résineux (*pitchpine*), se trouve dans quelques parties du Maine; on s'en sert comme combustible pour développer une haute température. En dehors des diverses espèces de pins, les essences les plus importantes qu'on trouve dans les forêts de cet État sont l'orme, le platane, l'érable, le hêtre, puis en descendant comme dimensions, le chêne, le bouleau, le tilleul, le frêne; parmi les arbres plus petits on trouve surtout le mélèze, le cèdre, le sapin, le peuplier et le mérisier.

Les principales formes sous lesquelles le bois est mis dans le commerce, sont les poutres, les planches et les pièces de plus petit échantillon. Les planches de pin de première classe dont on se sert pour les intérieurs des maisons d'habitation et des emplois analogues ne se trouvent plus dans le

Maine, ni dans aucune partie de la Nouvelle-Angleterre ou de Nouveau-Brunswick, par suite de la disparition du pin blanc; on les importe actuellement du Michigan.

Le bois de pin plus grossier a pris la place du précédent et les meilleurs bois qu'on obtient actuellement sur les bords du Penobscot, du Kennebec et d'autres grandes rivières sont ceux de sapin.

Sur la rivière Sainte-Croix, les bois de toute sorte deviennent rares et la plupart des scieries qui fonctionnaient il y a vingt-cinq ans sont aujourd'hui arrêtées. Il y a encore des forêts immenses sur les bords du Machias, du Narraguagus et de l'Union-River, mais beaucoup de scieries ont été supprimées parce que la portion la plus utilisable des bois de ces régions est épuisée. Ce n'est plus que dans le sud de cet État, notamment dans la partie traversée par les rivières Saco et Andrascoggin, qu'on semble apporter quelque attention à la conservation des essences les plus précieuses et on dit qu'on en trouve actuellement notablement plus qu'il y a soixante ou soixante-dix ans.

Le marché principal du bois dans le Maine est toujours à Bangor, ville, sur la rivière Penobscot, qui compte à présent 17,000 habitants. Si la quantité de bois qui fait annuellement l'objet des transactions est plus grande aujourd'hui qu'il y a dix ans, puisque les quantités embarquées atteignent 7 millions de mètres cubes, la quantité s'est notablement abaissée par la disparition des espèces supérieures. Le commerce des bois à Portland semble continuer à se maintenir, mais il est difficile de constater ses tendances réelles par suite des difficultés qu'on éprouve à obtenir des renseignements exacts sur cette question, comme du reste, sur toutes celles qui touchent au commerce de Portland.

(*Journal of the Society of Arts*).

L'importation du charbon en Italie. — Les rapports officiels sur le mouvement du port de Gênes donnent pour l'importation des charbons étrangers les chiffres suivants : 1878, 440,000 tonnes; 1879, 490,000; 1880, 570,000, et 1881, 587,000; il y a donc un accroissement continu. La presque totalité vient d'Angleterre, car voici les chiffres correspondants pour les charbons anglais : 1878, 391,000 tonnes; 1879, 470,000; 1880, 550,000, et 1881, 580,000.

L'importation des charbons français est, au contraire, en énorme diminution à Gênes; de 64,000 en 1877, elle est tombée à 7,000 en 1881.

Le tonnage des navires faisant ce commerce a beaucoup augmenté, il est actuellement en moyenne de 1500 tonneaux par navire.

Les moyens de déchargement à Gênes sont encore des plus primitifs, on se sert d'allèges; néanmoins les opérations sont vite conduites et on décharge de 500 à 600 tonneaux par jour.

Les prix sont, à Gênes, de 30 à 31 francs la tonne pour le Cardiff, 29 à 30 pour le Newcastle, 27 à 28 pour les charbons d'Écosse et de Hull; le

fret est, en moyenne, de 11 à 12 schellings de Newcastle et de 12 à 13 de Cardiff.

L'importation de la fonte est également en progrès.

A Savone, l'importation des charbons anglais s'est portée de 258,000 tonnes en 1880 à 307,000 en 1881, et celle des charbons français est descendue de 31,000 tonnes à 21,000 pour les mêmes années.

Il sera très intéressant de voir quelle influence l'introduction des charbons de Westphalie par la ligne du Gothard, introduction qui vient d'être commencée à titre d'essai, aura sur l'importation des charbons anglais dans le nord de l'Italie.

Une grosse pièce de forge. — Les forges de la Mersey viennent d'achever, dans leurs ateliers de Liverpool, un arbre énorme destiné au steamer *Normandie* en construction actuellement dans les chantiers de la Barrow Steamhip Company, pour la Compagnie générale transatlantique.

Il est intéressant d'indiquer que, si des arbres plus gros ont été forgés, celui-ci est toutefois le plus fort qui ait été transporté par eau ou par terre. Il a été conduit des ateliers de la Compagnie sur un camion attelé de vingt-huit chevaux à la station du London and North Western à Wapping Dock. Cet arbre, forgé solide en trois parties, mesure 11^{m},60 de longueur et pèse 42 tonnes, les trois parties sont réunies par des boulons de 125 millimètres. Les matières employées dans sa construction pesaient 62 tonnes.

A la station l'arbre a été placé sur une grande plate-forme pour être transporté à Barrow. Les forges de la Mersey ont fourni l'arbre du *Servia*, de la ligne Cunard, mais bien que son poids ne fût que de peu supérieur à celui de la *Normandie*, on avait jugé nécessaire de le transporter en trois morceaux. (*Iron and Coal Trades Review.*)

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

MAI 1882.

Rapport de M. Pihet sur les perfectionnements apportés au **fraisage des métaux**, par M. Desgrandchamps.

La fraise, qui est un petit cylindre d'acier taillé suivant ses génératrices,

de manière à présenter au bout l'apparence d'une petite scie circulaire, a été longtemps consacrée spécialement à la taille des engrenages, puis la fabrication des machines à coudre et celle des armes fit faire de grands progrès à l'emploi de cet outil. M. Desgrandchamps a su en tirer un parti important en les appliquant à l'exécution difficile de certaines pièces, en leur faisant produire non seulement un travail de précision relative, mais encore un travail d'enlèvement de matière considérable rivalisant presque avec celui des autres machines-outils.

Sur le chariot fixe d'une machine à fraiser verticale, on ajoute un support réglable portant le gabarit du profil qui doit être reproduit.

La vis qui conduisait le chariot longitudinal est enlevée et remplacée par un système de crémaillère et de pignon sur lequel agissent des leviers chargés à leur extrémité d'un poids variable, dont l'action permanente, agissant sur le gabarit par l'intermédiaire d'un galet, force le chariot, portant la pièce à façonner, à s'appuyer sur le gabarit, en même temps que la vis du chariot transversal la déplace par un mouvement continu, de telle sorte que la fraise engendre une surface conforme au profil du gabarit.

Les machines de M. Desgrandchamps ont été exécutées en grand nombre pour la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée et pour d'autres.

La pratique a démontré que l'on peut adopter, dans le travail des pièces de fortes dimensions, des fraises cylindriques de 30 millimètres de diamètre et leur donner une vitesse de 195 tours par minute, correspondant à 305 millimètres par seconde à la circonférence. Dans ces conditions l'avancement linéaire de la fraise peut aller jusqu'à 3 centimètres par minute, ce qui donne $0^{m},00015$ par tour de fraise.

Appareils d'équilibre du système Koepe, pour l'extraction dans les mines, par M. Haton de la Goupillière.

On sait que dans le système ordinaire d'extraction un treuil horizontal porte deux câbles enroulés en sens inverse et supportant chacun une cage dans laquelle s'introduisent les wagonnets. Quand le tambour tourne dans un sens, l'un des câbles s'enroule et monte au jour les wagonnets pleins tandis que l'autre câble se déroule et redescend au fond la cage contenant les wagonnets vides.

Dans ce mouvement les cages et les wagonnets s'équilibrent et il semble qu'on n'a à vaincre que le poids du charbon, mais les câbles ne s'équilibrent entre eux que lors de la rencontre des cages; au delà, dans chaque sens, l'équilibre est de plus en plus rompu, puisqu'à la fin de la course on a, d'un côté, la longueur totale du câble et de l'autre zéro; la variation totale de l'effort à vaincre correspond au double du poids du câble puisque celui-ci, qui était d'abord une résistance est devenu à la fin une aide à l'élévation.

Un premier moyen de remédier à cette difficulté sérieuse est d'accepter l'irrégularité en la compensant dans le moteur à vapeur par la modification de l'admission de la vapeur; c'est le système Guinotte dans lequel une came

d'un profil déterminé par la variation de l'effort dû au poids du câble, règle automatiquement le degré d'introduction au cylindre.

On a également employé des tambours à forme spiraloïde, lesquels, dans la pratique, sont des tambours coniques, de manière à produire l'équilibre par la variation des bras du levier sur lesquels agissent les forces, en raison inverse de la variation de ces forces; mais la solution la plus répandue consiste à substituer au câble rond un câble plat qu'on enroule sur lui-même; le rayon d'enroulement croissant à chaque tour de l'épaisseur même du câble, l'effet produit est le même que celui des tambours coniques. Un perfectionnement récent a été apporté à ce système dans le bassin de la Wurm : il consiste à restituer l'épaisseur, réduite par la substitution de câbles en acier aux câbles en fer et en chanvre, par l'insertion, entre les spires successives du câble porteur qui se superposent, d'un câble de doublure qui se déroule d'un tambour sur lequel il se trouve en provision ou s'y réenroule alternativement sous l'action d'un contrepoids.

On a employé également des chariots de contrepoids agissant sur la force directement et non sur son bras de levier; ces chariots descendent le long d'une courbe tracée dans un plan vertical pour que la variation de l'enlevage soit, à chaque instant, compensée par la variation de tension de la chaîne suivant la position du wagonnet sur la courbe. On a, dans le même ordre d'idées, la chaîne pendante dont la longueur est égale à la moitié de celle du puits et le poids par mètre courant double de celui du câble; cette chaîne, attachée à une cordelette qui se déroule du treuil, se dépose lorsqu'elle descend sur un plancher établi à mi-hauteur du puits, de sorte que son poids varie de son poids total, c'est-à-dire du poids total du câble, à zéro.

On a modifié ce système par l'emploi d'une chaîne amarrée, c'est-à-dire dont le bout, au lieu de toucher un plancher, est amarré au quart de la profondeur du puits. La chaîne est alors quatre fois plus courte que le câble et quatre fois plus lourde par mètre courant.

Un principe plus radical consiste à supprimer, purement et simplement, la variation du câble. On peut y arriver de deux manières; la première est l'emploi du câble sans fin, celui-là résout complètement la question, mais il introduit quelques difficultés sérieuses, telles que l'impossibilité de l'emploi des câbles diminués, la suppression du coupage à la patte, l'impossibilité de l'épuisement par les bennes, la difficulté de l'extraction à plusieurs étages exploités simultanément et enfin l'importance plus que doublée des accidents.

On remédie à la plupart de ces inconvénients par l'emploi du tambour à contre-câble d'équilibre; le câble n'est plus sans fin; il a deux bouts fixés à un tambour ordinaire où ils s'enroulent en même sens, l'un des tours étant lâche au point de former une vaste boucle qui descend jusqu'au fond du puits. Si on fait tourner la machine, la partie située sur le treuil, à droite de cette boucle par exemple, perd quelques spires qui deviennent verticales et s'ajoutent au brin descendant de la boucle. Mais la partie

située à gauche gagne autant de circonférences au détriment du brin montant de cette boucle.

Celle-ci reste, par conséquent, constante de figure, mais ses divers éléments se déplacent suivant sa longueur. Si donc les deux cages sont fixées en deux points de cette boucle, l'une d'elles montera tandis que l'autre descendra, sans que le câble cesse d'être, par lui-même, en équilibre. Il traverse les deux cages de part en part et celles-ci y adhèrent à volonté par le serrage à vis de fortes tenailles. Ce système n'entraîne, en cas de rupture du câble, que la chute de la cage correspondante : il permet d'extraire successivement à divers étages, d'effectuer l'épuisement par les bennes, et enfin il remédie à l'inconvénient de l'impossibilité du coupage à la patte, opération qui devient sans objet si on a soin d'amarrer les cages successivement à divers points du câble, au moyen de fourrures d'approvisionnement sur les extrémités du treuil. On répartira ainsi sur divers points les fatigues exceptionnelles qui sont, dans le mode ordinaire, concentrées sur la partie inférieure.

Le câble sans fin est installé en Westphalie, aux puits Hannover et Westhausen, et le tambour à contre-câble d'équilibre au puits Hibernia, dans le bassin de la Ruhr.

Conférence sur les **unités électriques**, faite à la Société d'encouragement, le samedi 4 mars 1882, par M. Maurice Lévy.

Nouvelle **pompe pour comprimer les gaz**, par M. Cailletet.

Cette pompe est verticale, le piston en acier est un plongeur renversé, commandé par le bas et recouvert de mercure, le joint se fait par des cuirs emboutis. La soupape d'aspiration est remplacée par un robinet en acier que deux cames ouvrent et ferment au point convenable. Le volume du corps de pompe permet de comprimer à chaque coup un tiers de litre de gaz, de sorte qu'avec un seul homme on peut obtenir, en une heure, 400 à 500 grammes d'acide carbonique ou de protoxyde d'azote liquéfiés.

M. Cailletet emploie, pour renfermer sans danger de grandes quantités de gaz comprimé, des récipients formés de tubes métalliques réunis en faisceau et communiquant entre eux, l'ensemble peut contenir quatre litres de gaz comprimé à plusieurs centaines d'atmosphères.

Note sur la **mission archéologique du Cambodge**.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

MAI 1882.

Note sur quelques objections relatives à l'emploi de la **Lumière électrique dans les phares**, par M. ALLARD, inspecteur général des ponts et chaussées.

La France n'a encore que cinq phares éclairés à l'électricité; mais un projet de loi soumis aux Chambres, propose l'application de la lumière électrique à quarante-six.

L'emploi de l'électricité pour l'éclairage des phares a été vivement attaqué en Angleterre, notamment par M. Wigham, qui a fait établir en Irlande, des phares éclairés au gaz qu'il appelle phares quadriformes et qu'il considère comme très supérieurs aux phares électriques.

M. Allard rappelle que des explications de M. Wigham, données à la Société des Ingénieurs civils de Londres, ont été contestées dans la seance même, par M. Douglass, ingénieur en chef de *Trinity House*, et par M. le professeur Tyndall. Il est exact que l'électricité a été, au phare de Dungeness, remplacée par l'huile et le gaz, mais il n'y aurait là qu'une suppression momentanée de l'éclairage électrique due au mauvais état des machines.

Enfin si, comme on l'a dit, la dépense est pour la lumière électrique plus du double de celle de la lumière à l'huile ou au gaz, il ne faut pas perdre de vue que la première donne au moins vingt fois plus de lumière, et que le prix de l'unité lumineuse se trouve alors réduit à $\frac{1}{10}$ de celui qui est relatif à l'huile ou au gaz.

Mémoire sur la **Distribution des eaux des canaux d'irrigation**, par M. BRICKA, ingénieur des ponts et chaussées.

Note sur une brochure de M. B. WALKER, intitulée *The actual lateral pressure of earthworh.* (Poussée latérale réelle des remblais), par M. CURIE, lieutenant-colonel du génie.

ANNALES DES MINES.

6e livraison de 1881.

Rapport de la commission chargée d'étudier les questions concernant **La rupture des câbles de mines**, par M. Aguillon, ingénieur des mines.

Le rapport de cette commission nommée en date du 31 mai 1878, par le Ministre des travaux publics, se compose de trois parties, dont la première contient les faits relatifs à la France, et donne l'état de la science ndustrielle sur cette question dans notre pays.

La seconde contient les faits relatifs à la Belgique, l'Angleterre et l'Allemagne, recueillis par M. Aguillon, dans sa mission à l'étranger.

La troisième partie renferme, sous forme de résumé, les conclusions pratiques relatives à la nature et la forme du câble, à sa fabrication et aux garanties à donner par le fabricant, aux conditions spéciales pour les câbles en textiles, aux conditions des fils métalliques, à la composition des câbles métalliques, aux modifications subies par les câbles en service, au diamètre d'enroulement, aux conditions d'installation, d'entretien, de surveillance des câbles; aux précautions pour la circulation du personnel et les prescriptions administratives.

Le rapport conclut à ce sujet, qu'il n'y a pas de nécessité à imposer par voie de prescriptions administratives tout ou partie des recommandations qui ont été développées; il pense qu'il suffit d'appeler sur elles l'attention des exploitants et de signaler l'utilité d'organiser une statistique des câbles analogue à celles qui se font en Allemagne.

Bulletin des accidents arrivés par **explosion des appareils à vapeur**, dans l'année 1880.

Ce bulletin a été résumé d'après les *Annales des Ponts et Chaussées*, dans les comptes rendus de mai.

Appareils Coquillion pour l'**Analyse du grisou**, par M. Castel, ingénieur en chef des mines.

On sait que M. Coquillion a imaginé un procédé fondé sur la propriété que possèdent les hydrogènes carbonés en présence de l'oxygène et du fil de palladium porté au rouge de se brûler complètement en produisant de l'eau et de l'acide carbonique. M. Castel, par de nombreuses expériences faites par ce procédé, a reconnu que :

1° Lorsque la proportion de l'oxygène est très faible, par rapport à celle de l'hydrogène protocarboné et inférieure au quart du volume nécessaire

pour la combustion complète, une partie de l'hydrogène carboné est décomposée, il y a formation d'hydrogène libre et dépôt de carbone sur le fil.

2° Lorsque la proportion d'oxygène dépasse le quart de celle qui est nécessaire pour la combustion complète, l'oxygène se partage entre l'hydrogène et l'oxyde de carbone et plus sur le premier, de sorte que l'hydrogène est entièrement converti en eau avant que l'oxyde de carbone le soit en acide carbonique.

3° Il serait intéressant de rechercher si, en dehors de l'influence du fil de palladium et sous la seule influence de l'étincelle électrique ou d'un moyen quelconque d'inflammation du mélange gazeux, la réaction se produirait.

Les **Laboratoires de l'École des Mines**, par M. Ad. Carnot, ingénieur en chef des mines.

1re *livraison de* 1882.

Du rôle des **Poussières de houille** dans les accidents des mines, par MM. Mallard, ingénieur en chef, et Le Chatelier, ingénieur des mines.

De l'étude des diverses circonstances des accidents et des expériences qu'ils ont faites personnellement, les auteurs concluent :

1° Que les accidents, dus certainement aux poussières seules, sont *extrêmement rares ;* on n'en connaît qu'une douzaine, tant en France qu'à l'étranger; toutefois le concours de circonstances qui a occasionné chacun d'eux n'a rien d'exceptionnel, et il s'est vraisemblablement reproduit souvent sans entraîner aucune circonstance fâcheuse.

2° Que ces accidents sont *peu graves;* ils n'ont jamais entraîné mort d'homme immédiate, la flamme ne s'est jamais étendue sur plus de 50 mètres de longueur; les accidents plus considérables qu'on avait cru pouvoir attribuer aux poussières ont toujours eu lieu dans des mines grisouteuses et on peut croire que c'est le grisou qui y a joué le rôle principal.

Les expériences ont démontré que les poussières, pour être combustibles, devaient provenir de *houilles très gazeuses* et qu'il fallait une *quantité considérable* de poussières dans l'air pour former un mélange explosif. De plus la vitesse de *propagation de la flamme* dans les mélanges est très faible et même à peu près nulle.

En somme, les auteurs considèrent comme établi que les poussières, en l'absence du grisou, ne constituent pas une cause de danger sérieuse. Elles ne peuvent jouer un rôle important qu'en aggravant les conséquences d'une explosion produite par le gaz.

Mémoire sur la **Formation de la houille**, par M. Grand'Eury. (Première partie.)

COMPTES RENDUS MENSUELS DES RÉUNIONS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

DISTRICT DE BOURGOGNE, RÉUNION DU 7 MAI 1882, A AUTUN.

Communication de M. AYMARD sur le **Bassin schisteux de Menat** (Puy-de-Dôme). Ces schistes donnent une certaine quantité d'huile minérale par la distillation; mais, pour le moment, ils ne servent qu'à la fabrication du tripoli et du noir; ce dernier est employé pour la peinture, le cirage, les pâtes à papier, le caoutchouc, la décoloration des sirops, des glucoses, des huiles, etc.

Communication de M. MATHET sur la **Bosseyeuse Dubois et François**. — Deux de ces appareils ont fonctionné à Blanzy, depuis le mois d'avril de l'année dernière, dans des percements où il eût été impossible de se servir de la poudre à cause de la quantité de grisou. On a fait environ 150 mètres de galerie et le prix du mètre s'est élevé, tous frais compris, à 70 francs, dont 30 francs pour la main-d'œuvre, 4 fr. 70 pour les fournitures et réparations, 32 fr. 50 pour l'air comprimé (30,500 mètres cubes à 0 fr. 02) et 3 fr. 10 pour l'entretien des outils. Ce prix peut-être considéré comme un maximum et pourrait être notamment diminué.

On peut également employer la bosseyeuse avec le tir à la poudre; cette application a été faite au tunnel de la Perruca au chemin de fer des Asturies dans des quartzites très durs; on a avancé de 18 mètres par semaine à une des attaques et 16 mètres à l'autre.

On peut aussi appliquer l'appareil à l'abattage des charbons durs et grisouteux; il faut un outil léger ne pesant pas plus de 1,500 kilogrammes; il en existe déjà plusieurs en fonctionnement à Marihaye et on se propose d'en faire l'essai à Blanzy.

Ventilateur de mine perfectionné, système Fournier et Levet.— C'est un appareil formé d'une lame tournant dans une enveloppe en maçonnerie, et il y a un tambour vertical en tôle; la disposition est celle d'une machine à vapeur rotative. Le tambour est actionné directement par la machine à vapeur et entraîne, dans son mouvement de rotation, les deux palettes; il y a un jeu de 1 centimètre entre celles-ci et la maçonnerie. Cet appareil n'est représenté que par un modèle.

Note sur le **Système atmosphérique de M. Z. Blanchet**. — On a récemment établi à Blanzy une grande machine pneumatique pour remplacer la petite avec laquelle fonctionnait le tube atmosphérique du

puits Hottinger, depuis 1876. La machine a des cylindres à vapeur de 1^{m},200 de diamètre, les cylindres à air ont 2^{m},884; la course commune est de 1^{m},200. Les résultats sont excellents; l'ascension a lieu avec une vitesse uniforme de 6 mètres par seconde, et les manœuvres aux recettes se font avec la plus grande facilité. Le personnel se sert du tube pour la remonte et la descente.

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE, 3 DÉCEMBRE 1882.

Communication de M. HOLTZER sur le **Filtre Farquhar-Oldham.** — Cet appareil, qui a été complètement décrit dans les comptes rendus de mars 1881, a été essayé pour la filtration d'eau chargée de schlamms sortant des lavoirs installés au puits du Treuil; l'eau obtenue est à peu près limpide et n'a qu'une très légère teinte jaunâtre due à son passage à travers la sciure de bois.

Observations de M. SEIBEL sur les **Fours à coke de Campagnac.** C'est une réponse à celles qui ont été faites par M. Giband dans la séance du 1er avril.

Sur le **Rôle des poussières charbonneuses** dans la pathologie du mineur.
C'est un extrait d'une communication faite au Congrès des Sociétés savantes à la Sorbonne, par M. P. FAVRE, de Commentry.

Sur la **Transmission électrique de la Péronnière.** Observations de M. BATAULD au sujet de la note lue, par M. Charousset, au Congrès d'Alais.

Le Secrétaire-Rédacteur,

A. MALLET.

PARIS. — IMPRIMERIE E. CAPIOMONT ET V. RENAULT, RUE DES POITEVINS, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

AOUT 1882

N° 8

Pendant le mois d'août les questions suivantes ont été traitées :

1° *Thermodynamique*. (Séance du 4 août, page 174.)

2° *Russie méridionale* (Avenir industriel de la), par M. Verdeaux. (Séance du 4 août, pages 115 et 179.)

3° *Casernement des troupes*, par M. Tollet. (Séance du 4 août, pages 143 et 181.)

4° *Médailles d'or décernées*, à MM. Jourdain et Monnier Démétrius, prix Nozo, à M. Hersent. (Séance du 4 août, page 182.)

Pendant le mois d'août, la Société a reçu :

De M. Merle d'Aubigné, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur l'*utilisation des forces motrices du Rhône par la ville de Genève*.

De M. Turettini, membre de la Société, un exemplaire d'un rapport sur l'*utilisation des forces motrices du Rhône*.

Les Membres nouvellement admis sont :

MM. Bihet, présenté par MM. Despret, Masure et Urban.
Bouvard, — E. Level, Monjean et Émile Trélat
Cabanis, — Carimantrand, Mallet et Marché.

Comme membres associés :

MM. Gauthier, présenté par MM. Carimantrand, Mallet et Marché.
Wellhoff, — Cahen Strauss, Carimantrand et Mallet.

NOTE

SUR

L'ÉPURATION DES EAUX D'ALIMENTATION

DES CHAUDIÈRES

PAR M. LE BARON DE DERSCHAU.

Grâce à la bienveillance de M. le président Trélat, en ma qualité d'ingénieur russe, de passage à Paris, j'ai obtenu la faveur de vous faire une communication sur l'épuration de l'eau d'alimentation des chaudières.

Dans une note aussi peu étendue, il ne me sera pas possible de traiter cette grave question dans tous ses détails comme cela devrait avoir lieu dans une Société composée d'hommes aussi compétents. Je me permettrai donc de ne point faire la critique raisonnée de tous les moyens employés pour combattre l'effet désastreux des incrustations des chaudières actuellement en vigueur, mais je voudrais faire connaître à la Société les résultats avantageux qui ont été obtenus en Russie par l'action de la magnésie industrielle.

Le seul principe logique et rationnel, c'est d'épurer les eaux d'alimentation préalablement avant leur entrée dans les générateurs. En partant de ce point de vue, la chimie nous offre un grand nombre de réactifs qu'on appliquerait avec succès selon la nature des eaux; mais ces réactifs, tous plus ou moins solubles dans l'eau, exigent un dosage très soigné; ce qui complique infiniment, demande une surveillance délicate et onéreuse. Au contraire la magnésie, $Mg\,O$, est presque insoluble; elle précipite tous les bicarbonates et est elle-même réduite à l'état de carbonate de magnésie neutre. Dans ces conditions elle réagit sur le sulfate de chaux en précipitant le carbonate de chaux et

laissant le sulfate de magnésie en solution. Cette réaction se produit vite et à toutes les températures :

$$\frac{Ca\,O,\ 2\,Co^2}{144} + \frac{Mg\,O^2,\ CO^2}{128} + \frac{3\,Ca\,O,\ SO^3 + Mg\,O}{408} =$$

$$= \frac{Ca\,O,\ Co^2}{100} + \frac{Mg\,O,\ CO^2}{84} + \frac{Ca\,O,\ SO^3}{408} + \frac{2\,Mg\,O,\ CO^2}{168} =$$

$$= \frac{Ca\,O,\ CO^2}{100} + \frac{3\,Ca\,O,\ CO^2}{300} + \frac{3\,Mg\,O,\ SO^3}{360}.$$

Pour des eaux où le sulfate de chaux prédomine, on ajoute du carbonate de magnésie basique qui réagit de la même manière sur le sulfate de chaux.

La magnésie est d'ailleurs économique si l'on considère que le poids du réactif à employer est moindre, puisque le poids atomique de la $Mg\,O$ est très faible; par exemple, 40 pour $Mg\,O$ et 106 pour $Na^2\,O^2,\ CO^2$.

On doit considérer encore que le carbonate de magnésie contenu dans l'eau à épurer présente par lui-même un réactif naturel capable de décomposer une quantité équivalente du sulfate de chaux.

Enfin le prix de revient de l'épuration par la magnésie diminue sensiblement, en ce sens qu'on laisse intacts les sels de magnésie; tandis que, par le procédé de Béranger et Stingll, on est forcé d'employer les réactifs en proportion de tous les sels calcaires et magnésiens.

Cette dernière condition est inutile pour prévenir les inscrustations; car le sulfate de magnésie, grâce à sa grande solubilité, ne peut jamais arriver à produire des dépôts dans les chaudières.

En présence de ces immenses avantages, il y a quatre ans, nous n'avons pas hésité à faire en Russie l'application de la magnésie sur une grande échelle.

Un réseau de 18,000 kilomètres de chemins de fer présentait un vaste champ d'expériences.

D'abord les eaux d'alimentation de 910 gares ont été analysées et les résultats représentés graphiquement. (Pl. 11.)

Les différentes hâchures des diagrammes indiquent les sels contenus dans un mètre cube d'eau avant l'épuration ainsi que leur composition après l'épuration par la soude caustique et par la magnésie.

C'est seulement après ce travail préalable qu'on était à même de savoir exactement à quel point il était nécessaire de porter remède à l'état déplorable dans lequel se trouvait le service de traction sur quelques lignes ferrées, principalement dans le midi de la Russie.

Effectivement, les locomotives, après un parcours de 14 à 18,000 kilomètres, étaient hors de service ou exigeaient des réparations capitales, tandis que, sur les lignes où l'eau d'alimentation était douce, les locomotives parcouraient près de 120 kilomètres avant de subir une réparation capitale; avec cela la dépense du combustible augmentait inutilement, en raison de l'épaisseur des incrustations qui souvent finissent par combler les chaudières; il y a eu des cas où on retirait d'une chaudière jusqu'à 800 kilogrammes de dépôts adhérents.

Pour obvier à cet état de choses, nécessairement le mieux eût été de trouver de nouvelles sources d'alimentation par des eaux plus douces; mais la formation géologique du pays et surtout les tracés de la voie dans la direction de la ligne de partage des eaux présentent quelquefois des obstacles insurmontables; on était forcément réduit à la nécessité d'établir des épurations d'eau.

Le surcroît total, outre les perturbations dans le mouvement de dépenses qu'occasionne l'usage des eaux impures, seulement pour quelques lignes en Russie, peut être évalué à cinq millions de francs par année.

C'est donc une affaire assez importante pour que l'on s'en occupe.

La ligne du Caucase était la première à recevoir l'application du système Béranger et Stingll au moyen de la soude caustique et du carbonate de soude, attendu que l'emploi de la chaux caustique en présence de la difficulté du dosage et de l'embarras à préparer l'eau de chaux en grande quantité a été reconnu par l'inventeur même comme impraticable.

Les résultats obtenus, en proportion des dépenses faites ne sont pas satisfaisants quoiqu'on soit arrivé à augmenter le parcours des locomotives de 16 à 40,000 kilomètres.

Le procédé exige une surveillance particulière et difficile pour un grand nombre de stations, et le prix par mètre cube d'eau est d'environ en moyenne de 30 centimes; mais le plus grand inconvénient provient de la présence du carbonate de soude qui contribue à l'entraînement de l'eau par la vapeur, autrement dit les locomotives

crachent; par conséquent, il y a perte de combustible et difficulté de diriger les locomotives.

Toutes ces difficultés tombent d'elles-mêmes par l'emploi de la magnésie. Ce dernier procédé mis en pratique dans trois stations du chemin de fer de Sébastopol et dans plusieurs raffineries de sucre et fabriques de papiers, a donné des résultats plus satisfaisants.

Les locomotives d'expériences, après un parcours de 7000 kilomètres, étant purgées seulement tous les 10 jours, étaient intérieurement libres d'incrustation, sauf un dépôt inadhérent et liquide de magnésie.

L'évaporation était tranquille sans entraînement de l'eau par la vapeur.

Le prix d'épuration de tous les sels calcaires s'élevait en moyenne à 20 centimes par mètre cube ou 2 centimes par kilomètres parcouru.

Si l'on compare cette dépense avec celle qui est calculée par MM. Lechatelier, Flachat et Polonceau, occasionnée par l'usage des eaux impures, soit 10 centimes par kilomètre parcouru, on comprend que les dépenses d'épuration y compris la première installation puissent être largement compensées.

L'épuration par la magnésie se pratiquait dans des bâches contenant chacune 20 mètres cubes d'eau; trois opérations par jour pouvaient être faites facilement. La magnésie hydratée en quantité suffisante d'après l'analyse était versée dans la bâche pour une vingtaine d'épurations à la fois. Au moyen d'un injecteur Kœrting, un mélange intime se faisait pendant 30 minutes. — Après 4 heures de repos, l'eau entièrement libre de sels calcaires et décantée sans filtrage découlait dans le réservoir d'alimentation de la locomotive.

Malgré la simplicité de l'opération on était tout de même à la merci de l'exactitude de l'ouvrier préposé à cette tâche. — Pour arriver au même but avec des appareils moins encombrants et automatiques, nous avons eu l'idée de perfectionner le mode de l'épuration en filtrant l'eau au travers d'une masse épuratrice, composée de sciure de bois mélangée avec de la magnésie hydratée.

Voici l'appareil tel qu'il fonctionne avec succès. (Pl. 42.)

Cet appareil se compose essentiellement de 4 cylindres en métal dont la capacité dépend du volume d'eau à épurer; ainsi, par exemple,

pour 100 mètres cubes d'eau en 24 heures, on emploiera 4 cylindres ayant chacun $0^{m},60$ de diamètre intérieur et 1 mètre de hauteur.

Ces cylindres sont remplis de la masse épuratrice dont nous venons de parler ; l'eau à épurer traverse successivement les 4 cylindres réunis ensemble par des tuyaux, de telle manière que l'eau circule de bas en haut successivement dans tous les cylindres et sort du dernier entièrement épurée de sels calcaires.

Les réactions chimiques qui se passent dans l'appareil sont celles que nous venons de décrire.

Tout le carbonate de chaux se précipite et se dépose sur la grande surface de la sciure de bois à l'état de cristaux d'arragonite, de manière que le sulfate de chaux est remplacé par le sulfate de magnésie.

Après un temps suffisant qui est proportionné à la quantité d'eau qui passe dans l'appareil et à son degré d'impureté la magnésie du premier cylindre se trouve épuisée ; on recharge alors ce cylindre, on continue ensuite l'opération en commençant par le deuxième cylindre pour finir par le premier, et ainsi de suite. (L'intervalle entre ces rechargements peut varier de 2 à 6 jours.)

Un compteur d'eau à l'entrée permet de se rendre compte du débit de l'appareil.

L'action de l'appareil est automatique en permanence, sauf les 30 minutes nécessaires lorsque l'on recharge l'un des cylindres comme il a été dit plus haut.

Ces appareils présentent l'avantage d'occuper peu de place en raison de leur production. Effectivement, pour épurer 450 mètres cubes par 24 heures, il aurait fallu avoir au moins 7 bâches de 20 m. c., tandis qu'avec 4 cylindres de $1^{m},40$ de haut sur $1^{m},20$ de diamètre, on obtient le même résultat sans être sous la dépendance des ouvriers et sans donner lieu à aucune manipulation malpropre.

Lorsque je suis venu voir l'Exposition de Paris en 1878, j'avais déjà expérimenté la magnésie pour épurer les eaux d'alimentation de chaudières, mais je n'avais pas alors l'idée qu'on pouvait la fabriquer économiquement en France. Depuis lors, la situation est changée, la magnésie reçoit une grande application pour la déphosphoration du fer ainsi que pour d'autres résultats industriels.

On cherche à la produire à bon marché ; déjà M. Prosper Closson pratique un procédé qui utilise les dolomies.

Cette magnésie est en vente et il est à espérer que le prix de revient en sera réduit encore.

Ainsi, je vois que désormais en France l'épuration par la magnésie pourra rendre des grands services, notamment aux Compagnies de chemins de fer, ainsi que pour les générateurs de l'industrie.

Un premier appareil épurateur va incessamment fonctionner chez MM. Geneste, Herscher et Cie.

NOTE
SUR L'AVENIR INDUSTRIEL
DANS LA RUSSIE MÉRIDIONALE

PAR M. E. VERDEAUX.

J'ai été chargé en 1881, par la *Société des minerais de fer de Krivoï-Rog*, d'études ayant pour objet le levé et le nivellement exacts des terrains miniers, qui lui sont concédés dans les gouvernements de Kherson et d'Ekaterinoslaw, et de déterminer la position des affleurements de minerais de fer.

La réalisation des projets de cette Société devant avoir une grande influence sur l'avenir industriel de ce pays, j'ai pensé qu'il ne serait pas sans intérêt de résumer les quelques éléments d'appréciation que j'ai pu recueillir pendant mon séjour dans cette partie de la Russie, tant sur les richesses minérales, qui y ont été découvertes, que sur le caractère des populations qui sont appelées à bénéficier des avantages de leur mise en exploitation.

La région comprise entre le *Boug* et le *Dniepr*, la *mer Noire* et le 49° *de latitude nord*, au milieu de laquelle se trouve le village de *Krivoï-Rog*, était encore au siècle dernier en majeure partie sous la domination de la Turquie. La limite sud des gouvernements actuels de Podolie, Kiew et Poltava représente à peu près la frontière polonaise de cette époque. Les Russes occupaient la rive droite du Dniepr.

Par suite des guerres continuelles que se faisaient réciproquement ces différents États, le pays, et plus particulièrement les frontières, était infesté de bandes armées vivant de pillage. Ces bandes, connues sous le nom de *Cosaques Zaporogues* [1], vivaient sans lois ; elles étaient le refuge de tous les malfaiteurs rejetés pour crimes ou délits. Elles atta-

1. Zaporogue, veut dire habitant au-delà « des cataractes » (du Dniepr).

quaient et prenaient tout ce qui sur leur route pouvait offrir quelque butin, mais disparaissaient prudemment devant des forces supérieures. Aussi habiles cavaliers que les Tartares, qui vivaient alors en nomades dans ces contrées, les *Zaporogues* connaissaient mieux qu'eux l'art de la guerre. Toujours traqués, jamais battus, ils étaient un épouvantail pour les populations paisibles, qui ne possédaient contre eux aucun moyen de défense. Leurs ennemis les plus acharnés étaient les Polonais qui leur faisaient une guerre d'extermination.

Bien que ces individus vécussent en nomades, ils avaient cependant un centre d'opération qu'ils ne déplaçaient que lorsque les circonstances leur en faisaient une obligation. Ce lieu de réunion était appelé *Siétche* et formait un gros village qu'ils fortifiaient pour le mettre à l'abri d'un coup de main.

Ils étaient en majeure partie célibataires, et les femmes n'osaient pas vivre dans les confins de la Siétche. Ceux qui étaient mariés demeuraient dans de petits villages plus ou moins éloignés de ce lieu.

Ce n'est qu'après la conquête du pays par les Russes qu'il put être mis fin au brigandage des *Zaporogues*. Un grand nombre d'entre eux fut exterminé, une partie fut déportée sur les bords de la mer d'Azow et le reste devint esclave.

C'est de ces Zaporogues esclaves que descendent en majeure partie les paysans des environs de Krivoï-Rog. Comme leurs pères ils ont le caractère indépendant, n'ont aucun goût pour le travail, et ne s'y adonnent que parce que les nécessités de la vie les y obligent.

Depuis son affranchissement, il ne paraît pas que le *Petit-Russien* ait encore profité beaucoup de la porte qui lui est ouverte pour devenir propriétaire aux mêmes conditions que le noble. Il est à remarquer ici que les paysans ne possèdent pas individuellement les terres qui leur ont été distribuées; mais seulement entre eux, à titre indivis. Ils n'ont ni le droit de les vendre, ni celui de les acheter. Tous les dix ans un nouveau partage des terres a lieu à raison de tant de dessiatines [1] par tête mâle. Pour les gouvernements de Kherson et d'Ekaterinoslaw, cette répartition a valu à chacun à peu près 7 dessiatines (7 hectares 65 ares) de terrain.

En d'autres pays, on pourrait expliquer par cet état de choses la difficulté du cultivateur à devenir propriétaire. Il n'en est rien ici, car

1. La dessiatine vaut 1 hectare 9 ares 25 centiares.

le paysan économe trouvera toujours à acheter les parcelles, que le propriétaire est obligé de vendre par besoin d'argent. Ce dernier ne pense, en effet, qu'à jouir du moment, vit sans compter, s'endette constamment et ne s'aperçoit jamais que chaque jour il fait une large brèche à son patrimoine. C'est donc au manque d'économie, et à son indifférence que le paysan doit de ne pas voir sa condition s'améliorer. Il est à croire qu'il en sera ainsi longtemps ; c'est-à-dire tant que le *moujik*[1], travaillera juste assez pour ne pas mourir de faim ! Il a en horreur l'économie. La récolte a-t-elle été bonne ? Il n'en a ni plus ni moins : c'est en *wodka*[2], qu'il convertira ses bénéfices. A-t-elle été mauvaise? Il s'en consolera facilement.

Dans les gouvernements de Kherson et d'Ekaterinoslaw, les terres sont très fertiles ; le sol formé d'une couche d'humus n'a pas besoin d'engrais. On peut y renouveler la même culture pendant dix, quinze et même vingt ans. Aussi, le Petit-Russien se contente-t-il de faire un grattage et de semer pour ne plus s'occuper jusqu'à la moisson.

Des améliorations, il n'en faut pas parler.

Le battage des blés prend beaucoup de temps aux paysans.

« Vous devriez acheter en commun, » leur disait un délégué à la *zemstvo*[3], « quelques batteuses dont vous vous serviriez l'un après « l'autre; vous auriez ainsi moins de peine et plus de profits. » Il lui fut répondu : « Si nous vous écoutions nous nous disputerions tous « les jours pour savoir qui serait servi le premier et pendant ce temps-« là notre grain resterait à battre; nous seuls serions battus. »

Les Russes, mais plus particulièrement la classe inférieure, ont beaucoup de religion. La pratiquent-ils sincèrement ou l'acceptent-ils seulement parce qu'elle leur donne l'occasion de satisfaire leur goût pour le farniente? Je n'en sais rien. Toujours est-il que les jours de fête sont sérieusement observés. Le paysan ignore le plus souvent la date de ces fêtes ; il en est prévenu la veille à la tombée du jour par la cloche de de sa *Tserkoff* (église) qui, selon la sonnerie, lui fait connaître l'importance du jour suivant, les offices qui auront lieu et l'heure à laquelle le *pope*[4] y procédera. C'est à ce moment que les travaux des champs sont

1. Paysan.
2. Eau-de-vie de grain.
3. Assemblée provinciale ayant à peu près les mêmes attributions que le Conseil général en France.
4. Prêtre.

interrompus. Le laboureur ôte son bonnet, fait un certain nombre de signes de croix et se dirige du côté de son habitation.

Dans chaque maison, il y a un coin affecté aux dévotions : dans l'angle est posé en console un tableau représentant l'un des saints les plus vénérés. Le cadre qui entoure ce tableau est en argent doré et souvent incrusté de pierres précieuses chez les gens riches. Devant ce tableau est toujours préparée une lampe qu'on allume les jours de *pradznik* (fête). A droite et à gauche d'autres images religieuses tapissent les murs. Les portraits de l'Empereur et de la famille impériale complètent la décoration de cet autel primitif. Le caractère sacré du lieu fait que le paysan n'entre jamais tête couverte dans une maison habitée.

Le Petit-Russien est très intelligent ; n'était son indolence on pourrait l'employer aux travaux les plus difficiles ; il est très ingénieux, mais la mise en pratique de ses idées l'arrête ; il se refuse à surmonter les difficultés. J'ai occupé pendant six mois une vingtaine de moujiks pour mes travaux ; eh bien ! je dois avouer que j'ai eu moins de peine à les former, que si j'avais employé la plupart de nos terrassiers. Ils allaient et venaient sur un seul signe et quelques-uns, les plus jeunes, avaient fini par parler un peu notre langue, ils comptaient très bien en français. — Les Russes sont du reste linguistes par excellence : il n'est pas rare de voir de simples propriétaires parler trois et même quatre langues, et il est à croire que si le paysan recevait la même instruction, il aurait tout autant de facilité que son ancien maître.

L'étranger qui débarque en pleine steppe pour la première fois se trouve certainement quelque peu déconcerté, surtout s'il n'est pas préparé au régime qu'il lui va falloir suivre.

Les moyens de transports consistent en grossières charrettes montées sur essieux sans ressorts, dans la construction desquelles il n'entre le plus souvent pas un seul morceau de fer. On les appelle *fourgons*. Les plus confortables ont sur le devant un siège mobile suspendu aux parois du caisson par des lanières en cuir.

Si le lieu d'arrivée est éloigné de la dernière station, le voyageur devra à chaque étape se résigner, soit à coucher dans son fourgon, soit, s'il fait froid, à passer la nuit dans la chaumière de quelque paysan. S'il a oublié de prendre avec lui draps et couvertures, il devra se contenter de la paille que son hôte s'empressera de mettre à sa

disposition. Et enfin, s'il a été assez imprévoyant pour n'apporter avec lui aucunes provisions de bouche, il ne trouvera guère de ressources ; mais si le cœur lui en dit, le Petit-Russien est hospitalier, il lui offrira volontiers à partager sa nourriture.

Ces petits ennuis sont bien vite surmontés lorsqu'on a appris à être Russe, et le premier mois passé on ne pense plus que pour en sourire aux quelques mauvais quarts d'heure que quelques verstes en steppe vous ont fait passer.

Il m'est arrivé de faire en fourgon d'une seule traite deux et trois cents verstes. Jamais je n'en ai éprouvé la moindre fatigue. J'avais adopté la manière de voyager des Russes : je prenais avec moi la literie indispensable et je n'oubliais pas de me munir des provisions nécessaires.

Je crois ces détails de quelque utilité pour les personnes qui auront à voyager en Russie. J'ajouterai encore que ce qui leur sera particulièrement désagréable, c'est l'odeur qui les frappera dès leur embarquement dans les wagons russes. L'herbe [1] qui croît en steppe et qui sert de nourriture à de nombreux troupeaux de bœufs et de moutons, exhale une odeur d'absinthe d'une intensité telle que l'air en est infecté. Tout, hommes et choses, en est impreigné. Mais ceci n'est pas plus grave que cela : si les fourgons sont durs on s'habitue vite à la fatigue, et si l'odeur vous incommode ce n'est que pendant les huit premiers jours.

De Kasanka, station du chemin de fer la plus proche, à Krivoï-Rog, on n'aperçoit pas le moindre bouquet d'arbres ; ce qui donne à ce pays un aspect triste et désolé.

Les steppes environnantes sont entièrement dénudées. L'œil du voyageur erre sur ces vastes plaines sans trouver un point d'arrêt. A peine distingue-t-il çà et là quelques tumuli désignés sous le nom de *Moguilas* et qui s'élèvent de 4 à 5 mètres au-dessus du sol. Ces moguilas ont été probablement élevées par les tribus nomades, qui autrefois ont traversé ces contrées. Les plus hautes sont appelées *Tsareva* [2]. En été un vent brûlant enlevant des tourbillons de poussière, souffle sur ces plaines et active la défloraison de la végétation. Au mois de septembre le pays a changé d'aspect. Les lignes noires qui dessinaient les che-

1. Variété d'Artemisia Pontica.
2. Moguila Tsareva, signifie tombeau du Chef.

mins au milieu des champs de blé, se sont confondues en une même teinte terre de Sienne avec la steppe.

L'hiver y est très rude ; il dure de fin d'octobre à fin d'avril. Les chemins n'étant pas empierrés, on profite de la saison d'hiver pour faire les plus gros transports. La neige durcie ou la glace remplacent alors avantageusement la meilleure des chaussées. Il y a peu ou point de ponts sur les rivières : pour les franchir on n'a pas toujours des bacs, ce qui oblige à des détours très grands pour trouver un endroit où l'on puisse passer à gué. Les quelques passerelles volantes qui sont jetées çà et là, ne servent guère qu'aux piétons, et sont souvent emportées au moment des crues. Aussi les habitants sont-ils désolés lorsque, ce qui arrive quelquefois dans la partie méridionale, des dégels partiels viennent interrompre brusquement la circulation. Un hiver sans neige, ce qui ne se verra probablement jamais, serait pour les Russes une véritable calamité.

Le bois faisant absolument défaut, on se sert pour chauffer du fumier d'étable, qu'on coupe en briques après l'avoir fait sécher au soleil. Ce combustible donne une chaleur régulière, un peu trop forte pourtant par les grands froids. Il faut vraiment avoir une forte constitution pour passer sans transition de — 25° à l'extérieur à + 25° à l'intérieur.

Par suite du peu de pente du terrain, l'écoulement des eaux que les pluies du printemps amènent en abondance se fait difficilement. On voit, après la saison pluvieuse, plusieurs kilomètres carrés de steppe complètement inondés sans pour cela que la couche d'eau dépasse $0^m,20$ d'épaisseur. Le sol étant tout à fait imperméable à sa partie supérieure, ces eaux séjournent souvent très longtemps et déterminent, du moins à ce que l'on en pense généralement, les maladies épizootiques, qui sévissent périodiquement dans cette partie du pays. Au fond des vallées formées par les cours d'eau, là où les villages sont bâtis, l'écoulement serait possible parce qu'il y a une pente régulière, mais il faudrait faire quelques frais et personne ne s'avise de débarrasser les chemins des mares, dont quelques-unes ne sont jamais complètement asséchées, et qui rendent incommode et malsaine l'habitation des bas-fonds. Aussi la plupart des maisons de propriétaires sont-elles construites à flanc de coteau. Quelques arbres plantés tout autour de l'habitation pour lui donner un peu de fraîcheur en été, et la garan-

tir en hiver contre la bise du nord-est, que les montagnes absentes ne viennent pas arrêter, en rendent le séjour plus agréable.

Les murs des habitations sont en pisé ; les angles sont des montants en bois soutenant la charpente ; le pisé fait remplissage. Dans la construction des maisons de paysans comme dans celle des fourgons, il entre très peu de fer. Le bois qui y est employé est tiré des gouvernements de Kiew et de Karkoff. Ces habitations sont presque toutes blanchies à la chaux. Les parties saillantes sont peintes et ornées. Ce sont les femmes qui sont chargées de ces travaux ; elles s'en acquittent de leur mieux et ne négligent rien pour donner à leur demeure un air coquet.

Krivoï-Rog[1], est un bourg de 6,000 habitants, occupant une surface d'environ 1,200 dessiatines. A peu près sous le 31° de longitude est et le 48° de latitude nord ; il est placé au point de jonction de deux rivières, l'*Ingouletz*[2] et le *Saksagan* son tributaire de la rive gauche. Cette position sur deux cours d'eau fait à cette localité une situation particulière par rapport aux villages voisins. Tandis qu'ailleurs, quelques saules nains étiolés viennent à grand'peine atténuer la monotonie du paysage, et que l'eau y fait absolument défaut en été, ici la végétation est plus forte. De petits bois bien touffus bordent les rives du Saksagan, dont les méandres capricieux serpentent au milieu du village, et sur plus de 10 verstes, en remontant cette rivière, on ne cesse de rencontrer des sites relativement agréables. Rien de plus original, du reste, que l'aspect de Krivoï-Rog au mois d'août : Les maisons, les meules de foin et de blé, les tournesols, les cerisiers sauvages, les herbes grimpantes, les buissons fourrés, tout cela enchevêtré, jeté pêle-mêle, forme un contraste à la fois curieux et saisissant.

C'est ici, au milieu des steppes granitiques de la Russie méridionale, que les minéraux les plus riches et les plus divers se présentent tout à coup sans que les formes des couches terrestres puissent expliquer leur présence. On y trouve du minerai de fer, des couleurs minérales, du lignite, du cuivre, de l'ardoise et même du kaolin.

1. Rog Krivoï, corne courbée (étymologie due sans doute à la courbe décrite par l'Ingouletz, au droit du village).

2. L'Ingouletz se jette dans le Dniepr à environ 15 kilomètres en amont de Kherson.

Celui de ces minéraux de beaucoup le plus important, et dont l'exploitation a enfin reçu un commencement d'exécution, est le minerai de fer. Les autres feront dans l'avenir l'objet de nouvelles entreprises et donneront un nouvel aliment aux besoins industriels. Leur exploitation est du reste subordonnée à des recherches plus minutieuses que celles qui ont été faites jusqu'à ce jour, car le but des explorateurs était la reconnaissance exclusive des gisements ferrugineux, et leur attention n'a porté qu'accidentellement sur les couches d'une autre nature.

A droite et à gauche des deux vallées formées par l'Ingouletz et le Saksagan de nombreux ravins viennent déboucher dans la rivière. Ces ravins, appelés *balkas*, sont, pour la plupart, à sec pendant tout l'été.

C'est par ces déchirures que les richesses minérales de cet endroit, mises à nu après la désagrégation des couches supérieures sous l'action des pluies, ont été découvertes et que la direction des couches a pu être relevée. Les versants de l'Ingouletz et du Saksagan étant eux-mêmes déchirés dans le sens longitudinal des gisements, les affleurements s'y montrent sur un plus grand nombre de points, surtout lorsque le cours des rivières et les gisements suivent exactement la même direction.

Je n'ai pas les éléments nécessaires pour faire en détail une description géologique de Krivoï-Rog et ses environs, mais je vais essayer, en généralisant les recherches que j'ai faites au cours de mes travaux, de donner une idée de la disposition des différentes couches que j'ai eu à relever.

Ces données, quoique insuffisantes, permettront de prévoir les conditions d'existence de l'entreprise qui a pris naissance, et la chance de succès que pourront avoir celles dont la création est éventuelle.

Les terrains dans lesquels existent des matières minérales se développent sur 50 verstes environ de longueur et 5 à 6 verstes de largeur au milieu, soit une surface d'environ 30,000 hectares. L'ensemble des couches diverses qui les composent paraît avoir la forme d'une demi-lune dont Krivoï-Rog occuperait le centre. C'est, en effet, aux environs de cette localité que se trouvent les gisements les plus purs et sur une plus grande largeur ; et, bien qu'à une certaine distance au sud et au nord on retrouve isolément quelques gisements de même qualité, la

partie intéressante est vers le confluent des rivières Saksagan et Ingouletz[1].

Les premiers affleurements relevés se montrent à 12 verstes au nord de Krivoï-Rog, à l'embouchure des balkas *Malaïa* et *Bolchaïa-Doubovaïa* et sur les bords rocheux de la rive droite du Saksagan. Ils font partie d'une couche composée d'hématite rouge et de fer oligiste, enclavée dans des bandes de schistes ferro-quartzeux et ardoisiers. La direction du gisement est nord-sud, avec inclinaison de 10 à 12° vers l'ouest. Son épaisseur varie entre 2 et 3 sagènes[2], son pendage forme, avec l'horizontale, un angle d'environ 70°.

En remontant le ravin Bolchaïa-Doubovaïa on découvre, dans le lit du ravin et sur les côtés abrupts, deux bancs de schistes ardoisiers. Entre eux sont intercalés les schistes ferro-quartzeux. Toutes ces couches ont le même pendage et la même direction que les gisements de minerai. Un peu plus loin, vers l'amont, toujours dans les bancs schisteux-ferro-quartzeux, de nouveaux affleurements révèlent la présence d'une nouvelle couche de fer oligiste de 3 et 4 sagènes (moyenne 7^{m},50) d'épaisseur et visible sur 100 sagènes environ. Cette fois la direction n'est plus nord-sud, elle est à peu près est-ouest. Mais, bien qu'elle soit en ce point dans un sens tout à fait opposé à celle du premier gisement, il n'en faut pas conclure qu'il y ait interruption dans le système organique des couches : leur stratification est très irrégulière; les plis succèdent aux plis, mais la direction générale ne change pas. Ce qui l'explique, c'est que les bandes de schistes qui suivent latéralement, reproduisent les mêmes plis et reparaissent cependant plus au sud sur la même ligne nord-sud. Ces mouvements ne peuvent être attribués qu'à l'existence d'une pression latérale ayant amené la disposition actuelle des strates.

Entre les *Doubovaïa* et le village de *Pokrovskoïe*, on rencontre des déchirures qui mettent à nu les couches de schistes que nous avons déjà constatées. Dans les balkas *Kamenistaïa* et *Souslova* notamment, les affleurements se présentent de telle façon qu'il n'est pas permis de douter de leur rattachement avec les premiers, mais la couche de minerai qui se trouve à l'ouest du premier gisement de schiste ardoisier ne se montre plus. On peut supposer que le gisement se perd à cer-

1. Voyez la carte.
2. La sagène vaut 2^{m},134.

tains intervalles, ou que son niveau supérieur est moins élévé ; ce sont là des hypothèses à vérifier, mais elles n'en sont pas moins à écarter lorsqu'il s'agit de bâtir sur des réalités et ne pas donner dans les exagérations.

Il faut descendre jusqu'à l'embouchure de la balka *Kovalskaïa* pour retrouver de nouveaux affleurements appartenant à deux gisements séparés seulement par une couche de quartz à petit grain. Mais on constate en même temps que les bandes schisteuses qui bordent les lits ne sont pas celles qui ont été déjà signalées. Les gisements se trouvent, à l'ouest, à une distance assez grande du schiste ardoisier qui sert de mur à la couche reconnue dans les Doubovaïa. Entre les deux bancs se trouvent intercalées une couche de schiste ardoisier et une de schiste ferro-quartzeux d'une grande épaisseur. Il n'y a donc pas lieu d'admettre une relation quelconque entre ces derniers gisements et ceux des Doubovaïa. C'est donc de deux nouvelles couches qu'il s'agit.

A cet endroit, les bords du Saksagan sont très escarpés et s'élèvent à une hauteur de 12 à 15 sagènes (25 à 30 mètres environ) au-dessus de l'eau. Ils permettent de reconnaître plus facilement le pendage des couches qui est à peu près de 70 degrés.

De l'autre côté de la rivière, les affleurements se montrent de nouveau et sur un plus grand nombre de points dans la direction des deux couches. L'une d'elles suit le versant gauche de la balka *Mironova*, à l'origine de laquelle on distingue encore le minerai. L'autre incline un peu plus vers l'ouest et se perd immédiatement en steppe où le terrain, en s'élevant, ne laisse plus voir d'affleurements.

Ces deux couches ont 3 et 5 sagènes d'épaisseur.

Les schistes ardoisiers qui suivent parallèlement les gisements dont je viens de parler ont déjà reçu un commencement d'exploitation. Des carrières avaient été ouvertes, il y a une vingtaine d'années, près du village de Pokrovskoïe, tout à côté de la rivière; mais, à la suite d'un procès entre les copropriétaires, et aussi parce que, faute de voies de communication, l'écoulement des ardoises n'était pas suffisamment assuré, elles ont dû être abandonnées.

Ces carrières fournissaient, outre l'ardoise ordinaire, de fort belles dalles pour cheminées, tables, parquets, etc.

Un peu au-dessous du village d'*Ekaterinovka*, les méandres du Saksagan dessinent une presqu'île dont le col n'a pas plus de 40 mè-

tres de largeur. C'est au sud de la boucle que l'on voit, à peu près sur la limite des terrains ferrugineux et granitiques, des affleurements de calcaire blanc sarmathique et de granit blanc décomposé, dont le feldspath s'est complètement transformé en kaolin. Dans ces gisements on remarque également de gros filons d'argiles vertes, jaunes et rouges, ainsi qu'un mélange de quartz et de mica. Ces affleurements, se présentant en bout seulement, ne se reproduisent plus, le terrain s'élevant rapidement de 5 à près de 20 sagènes au-dessus du niveau de la rivière.

Des balkas *Kovalskaïa* et *Mironova* à la balka *Bérézina*, les bords du Saksagan n'offrent plus que de grands rochers de schiste quartzeux dominant le cours d'eau de près de 20 sagènes. A partir de ce dernier point la vallée s'agrandit et forme un bassin large d'environ 3 verstes [1], dans lequel se trouve Krivoï-Rog.

Au nord-est du village, et pas très loin des affleurements de schistes ferro-quartzeux qui se trouvent à l'entrée du bassin, on remarque dans la balka *Likhmanova* une forte couche d'hématite rouge de 6 sagènes d'épaisseur environ. Son profil, par rapport aux autres couches, incline davantage vers l'ouest; son pendage est moins abrupt, il est d'environ 60 degrés.

A l'est de ce gisement se trouvent des bancs de roche silico-argileuse, avec de petits filons de quartz portant des traces de cuivre. Un puits, creusé à cet endroit pour reconnaître ces filons, montre en même temps que la proportion de cuivre augmente en raison de la profondeur. Ces couches s'appuient, à l'est, sur des bancs de schistes noirs très friables; elles inclinent fortement vers le sud-ouest.

La première déchirure que l'on rencontre en longeant le côté est du village est la balka *Souch-Kova*. On y retrouve les schistes noirs et les bancs de schistes ferro-quartzeux, mais la couche de minerai du ravin Likhmanova ne se montre pas. On voit seulement, çà et là, quelques fragments de quartz dur liés intimement à du minerai presque pur, mais il n'est pas possible, en l'absence de sondage, de les rattacher à une couche visible. Il faut descendre jusqu'au ravin *Tchervonaïa*, à l'extrémité du village, pour rencontrer d'autres affleurements. A l'embouchure de cette balka on trouve, avec les schistes charbonneux des balkas Bérézina et Likhmanova, les filons de quartz des

1. La verste vaut 1066^{m},78.

argiles siliceuses qui s'appuient sur la couche de schiste noir. Il est presque certain qu'il y a continuation et que ces deux gisements sont les mêmes. Tout près de la rivière, ces bancs se décomposent et se présentent sous la forme d'argiles de différentes couleurs. Sur une demi-verste de longueur le bord escarpé et déchiré de l'Ingouletz offre à la vue les nuances les plus variées. Ces couleurs n'ont encore été employées qu'à la décoration extérieure des angles et socles des chaumières sans avoir subi d'autre préparation que leur délayement dans de l'huile. Les tons les plus remarquables sont le gris lilas, le rouge et le jaune. En remontant le ravin on retrouve d'autres bancs de schistes noirs et de schistes argileux gris, verts et rouges, et, plus haut encore, au point le plus mouvementé de la balka, apparaissent des affleurements d'hématite rouge et de magnétite. Cette couche, l'une des plus pures du bassin, paraît se retrouver à 2 verstes plus au sud, dans la balka *Galakhova*. On arrive à cette conclusion en mettant en parallèle les divers gisements apparaissant dans chaque ravin. Comme à Tchervonaïa, on voit ici les schistes noirs et gris. L'épaisseur moyenne donnée par les affleurements est de 4 à 5 sagènes (10 mètres environ).

En se portant à la même hauteur vers l'ouest, sur la crête du versant de l'Ingouletz, on rencontre des affleurements de minerai, d'hématite rouge et de magnétite de près de 10 sagènes d'épaisseur. Deux ou trois affleurements qui se laissent voir à flanc de coteau permettent de supposer la continuation de la couche jusqu'à un petit ravin au sud, distant de 3 verstes. Ce gisement s'écarte sensiblement des premiers et paraît, comme ceux que nous allons indiquer, dépendre d'un nouveau système de couches ferrifères. Le pendage des gisements, toujours à l'ouest jusqu'à présent, est maintenant tourné du côté opposé. Il se présente très bien sur la rive droite de l'Ingouletz, où des roches ferro-quartzeuses s'élèvent subitement à plus de 25 sagènes de hauteur (plus de 50 mètres). L'endroit le plus abrupt sert de point d'appui à la culée du viaduc du chemin de fer.

Les terrains de la rive droite de l'Ingouletz n'offrent pas d'affleurements de minerai pur. La partie occupée par le village de *Gdantsefka* est plate, sans déchirures. Plus au sud le terrain s'élève tout d'un coup et offre en face le rocher « *Gora-Blahodat* » un bord presque à pic de près de 30 sagènes de hauteur (plus de 60 mètres), mais dans les

masses rocheuses le quartz domine et le métal n'entre pas dans une assez grande proportion pour être utilisé.

Il y a cependant, tout à l'ouest, dans une petite balka appelée « *Tsareva* » (sans doute à cause de la Moguila de même nom qui se trouve à son origine), des fragments de minerai pur qui font supposer naturellement l'existence de couches dépendantes, contenant du métal en assez grande quantité; mais, pour vérifier l'existence des gisements auxquels appartiennent les fragments, il devient nécessaire de faire quelques fouilles sur les côtés du ravin parce que la partie supérieure du sol, en se désagrégeant, a recouvert les bancs sur une assez grande épaisseur.

Il est assez probable cependant que la couche de laquelle dépendent ces fragments soit la même que celle qui apparaît plus au nord, sur la rive gauche de l'Ingouletz. Le rocher « Gora-Blahodat » se trouve, en effet, dans la même direction. Ce rocher est composé de fer oligiste schisteux, malheureusement mélangé d'une grande quantité de quartz, ce qui diminue considérablement la proportion métallique. La couche se développe dans le sens du cours de l'Ingouletz, jusqu'en face la balka « Tsareva; » elle a une épaisseur moyenne de 10 sagènes.

A l'ouest du village de Krivoï-Rog on rencontre encore divers affleurements paraissant appartenir à deux couches parallèles. La plus proche du rocher « Blahodat » se montre en deux endroits : au bord même de l'Ingouletz et dans la balka *Kondybina*, en un point où le ravin forme un coude. C'est un gisement de fer oligiste. Il est enclavé dans des schistes chloriteux et talqueux, mélangé de magnétite grenue de 3 sagènes d'épaisseur. Vers l'embouchure du ravin apparaît, au milieu de schistes ferro-quartzeux le deuxième gisement. Il suit ou détermine la crête du versant droit du bassin de Krivoï. Les affleurements sont nombreux. On peut les suivre sur une longueur de 4 verstes, grâce à une foule de petites déchirures récentes assez rapprochées. Ce gisement qui n'a, dans la partie sud, qu'une épaisseur de 2 et 3 sagènes, s'élargit au fur et à mesure qu'il avance vers le nord. Le dernier affleurement, à l'amont de Krivoï-Rog, atteint l'épaisseur de 10 sagènes (plus de 20 mètres). Cette couche est composée de fer oligiste à petit grain ; son pendage varie entre 70 et 75 degrés. C'est la dernière des couches importantes qu'il y ait à signaler.

Au delà du rocher « Blahodat » l'Ingouletz coule dans les terrains granitiques. En remontant le cours de la rivière on constate la pré-

sence de bancs de lignite. D'après des fouilles pratiquées près du village de *Moïsievka*, ces bancs se développeraient sur une grande largeur, mais on est sans données sur l'épaisseur de la couche et sur sa valeur. De nouveaux sondages plus profonds sont nécessaires pour apprécier l'importance d'une exploitation ultérieure.

En résumé, pour ne parler que des couches métallifères révélées par les affleurements naturels, leur nombre semble être de dix à onze. Il est certain qu'il en existe d'autres, à en juger par les fragments isolés que l'on rencontre par ci par là, mais qu'en l'absence de sondages on ne peut rattacher aux gisements relevés.

Par suite de la variation dans la pureté des minerais, ou l'interruption des lits des couches, il n'est guère possible d'évaluer le poids des masses métalliques enfouies dans le bassin. — Une évaluation de ce genre serait tout à fait hypothétique. — On reste convaincu, toutefois, en présence des affleurements naturels, qu'il y a, dans les gisements, du métal en assez grande quantité pour justifier leur mise en exploitation.

La plupart de ces gisements ont des pendages presque abrupts; plusieurs même se présentent dans une position verticale. Dans ces conditions ils offrent cela de remarquable qu'ils peuvent être exploités à découvert, sans grands travaux intérieurs et souvent comme dans une simple carrière.

D'un autre côté, les nombreuses déchirures du terrain offrent autant de points d'attaque, ce qui permettra d'abandonner l'extraction dans les points qui ne donneront plus un minerai suffisamment pur, pour reprendre au côté opposé.

En limitant l'extraction au niveau du thalweg, de l'Ingouletz et du Saksagan, l'asséchement des chantiers pourra être obtenu très facilement. Il suffira de creuser, et on le pourra sans beaucoup de frais, le lit des balkas pour déverser les eaux dans la rivière. Quand on connaîtra exactement la profondeur et la richesse des couches, peut-être conviendra-t-il, au bout de quelques années, d'avoir recours à un autre mode d'exploitation pour extraire à une plus grande profondeur.

L'existence des minéraux que nous venons de décrire sommairement n'est pas connue seulement d'aujourd'hui. Après la conquête du pays sur les Turcs, plusieurs reconnaissances avaient déjà été faites à Krivoï-Rog; mais les recherches sérieuses ne paraissent avoir été

commencées que sous le gouvernement du général *Potemkine*. Ce prince avait, du reste, à ce qu'on en rapporte, beaucoup de goût pour tout ce qui a trait aux recherches scientifiques. Il joignait à ces qualités celles d'un administrateur patriote et intelligent. C'est lui qui a fondé la ville d'*Ekaterinoslaw* en l'honneur (comme l'indique le nom) de sa souveraine, l'Impératrice Catherine II. Il avait formé le projet de faire de la nouvelle ville la capitale de la Russie méridionale, un grand centre où seraient venus s'échanger les produits des contrées du Nord et de l'Est contre ceux de l'étranger ; le plan de la ville répondait à ces vues. L'artère principale devait être un magnifique boulevard, se développant en ligne droite sur 10 verstes de longueur (près de 11 kilomètres). De chaque côté, des rues à angle droit de 2 verstes de longueur chacune seraient venues déboucher sur le boulevard.

Malheureusement pour le pays, Potemkine ne put qu'ébaucher son projet. On lui doit néanmoins ce que la ville est aujourd'hui, car ses successeurs paraissent n'avoir rien fait depuis cette époque pour lui donner de l'extension. Ce qui existe du grand boulevard projeté forme une magnifique promenade de plus de 4 verstes de long.

Les explorations du prince furent abandonnées, mais les résultats en furent consignés et servirent de base aux missions des ingénieurs des mines qui furent envoyés à Krivoï-Rog par l'Administration centrale, notamment en 1836, 1866, 1872 et 1878.

Les circonstances générales dans lesquelles s'est trouvé le pays n'avaient pas permis de tirer parti jusqu'ici des découvertes mentionnées dans les rapports des ingénieurs. Aux événements venait s'ajouter la difficulté qu'il y aurait eu à écouler et utiliser les minerais. Les voies de communication rapide manquaient. On s'intéressait à cette question, mais on attendait.

Ce n'est qu'en 1879 que quelques Russes songèrent à créer l'exploitation de ces minerais ; et le gouvernement, voulant sans doute favoriser ce mouvement d'initiative, fit commencer sans plus tarder les études et travaux de la ligne destinée à assurer le transport des matières métalliques pendant que se formait, en 1880, la Société des minerais de fer de Krivoï-Rog.

Aujourd'hui cette Société est entrée en possession des terrains miniers ; elle a même commencé l'extraction sur plusieurs points, le stock d'approvisionnement est déjà important, et le chemin de fer est en bonne voie d'exécution. A la ligne principale est rattaché un em-

branchement dit des minerais. Par la position des stations, les matières ferrugineuses d'une région n'auront pas à traverser la rivière pour être embarquées.

Les terrassements sont à peu près terminés, les ouvrages d'art commencés, et le chemin pourra être livré à la circulation dans les premiers mois de 1884. Sans deux ouvrages importants, l'un sur le Dniepr, à Ekaterinoslaw, l'autre sur l'Ingouletz, à Krivoï-Rog, dont la construction demande un délai assez long, l'ouverture pourrait être avancée de beaucoup. En attendant, on parle de relier le plus tôt possible le bourg de Krivoï-Rog avec la station de *Dolinskaïa* (*ligne de Karkow-Nikolaïew*), ce qui mettra, d'ici quelques mois, cette localité en communication directe avec Nikolaïew (distance, 197 verstes) et et Karkow (407 verstes).

L'exploitation de Krivoï-Rog doit amener forcément, dans un avenir qui ne peut être bien éloigné, l'installation d'usines et de hauts fourneaux pour fournir aux besoins de l'État et de l'industrie privée. La nécessité de créer de nouveaux établissements métallurgiques s'impose, du reste, d'une manière presque absolue : actuellement l'Angleterre et la Suède fournissent à la Russie plus du tiers des fontes et aciers employés dans ses ateliers. Ces produits reviennent très cher, surtout dans la partie méridionale du pays. De là la parcimonie dans le matériel de toute nature. Ce n'est pas que les matières de fabrication des fers manquent. La Russie est, au contraire, un des pays les plus riches sous ce rapport. L'État possède, vers l'Oural, dans les gouvernements de Perm et Orenbourg, d'immenses gisements de minerais qui produisent un peu plus de la moitié du fer de la Russie ; ils sont utilisés dans les établissements de Perm, Toula, Alexandrow et Kalonga. Ces gisements pourraient être exploités sur une bien plus grande échelle et suffire largement aux besoins de l'industrie métallurgique du pays ; mais les usines où ils sont employés ne brûlent que du charbon de bois, et, par suite de la pénurie de ce combustible, la fabrication est limitée. En outre, la production des fontes et aciers de qualité supérieure fait défaut.

On se préoccupe beaucoup en Russie de cette situation, parce qu'elle ne permet pas de donner au pays tous les éléments de force et de vitalité dont il a besoin.

En 1877, les quelques vaisseaux qui composaient la flotte de la mer Noire durent rester inactifs à *Otchakow*, pendant que les cuirassés et

monitors turcs croisaient dans les eaux russes ou remontaient le Danube. Les mauvaises conditions dans lesquelles se trouvait la flotte, ne permirent pas d'appuyer de ce côté le mouvement offensif des armées de terre. Tout ce qu'on put faire fut d'assurer la défense des côtes. Cet état d'infériorité ne saurait être attribué entièrement à l'observation des traités antérieurs. On le doit aussi à la difficulté d'alimenter, avec les ressources dont on disposait, les chantiers du matériel indispensable pour l'augmentation de la flotte, le bois étant de plus en plus remplacé par le fer dans la construction des navires. Le matériel, fabriqué en partie dans les usines des environs de Moscou, avec les matières tirées de l'étranger, revient dans les arsenaux dans des conditions trop onéreuses. C'est également à cette élévation dans le prix des métaux que l'on doit, pour une bonne part, de voir les lignes de chemins de fer coûter des prix excessifs. Le prix de revient kilométrique est de beaucoup supérieur à celui que nous payons en France. Cependant les lignes sont construites généralement sur un terrain plat où les profondes tranchées et les travaux d'art sont rares. Le terrain, la main-d'œuvre et les matériaux sont à bon marché. Mais les rails, le matériel fixe et roulant, l'outillage augmentent considérablement les dépenses.

Malgré toutes ces charges, l'ouverture de voies nouvelles devient pourtant tous les jours plus nécessaire dans la partie méridionale du pays, où la population augmente dans des proportions anormales. Cet accroissement est dû à l'immigration des Polonais allemands et des Grands-Russiens. Les premiers ont commencé à venir dans le pays après 1860. Tout d'abord disséminés dans de petites colonies, ils sont arrivés par la suite à fonder des villages entiers. L'immigration avait pris, dans ces dernières années, un tel développement que le gouvernement songea à astreindre au service militaire ceux de ces colons qui, par leur position ancienne dans le pays, pouvaient être considérés comme tout à fait assimilés à la population petit'-russienne. Cette décision les affecta profondément et la plupart d'entre eux préférèrent rentrer dans leur pays que de se soumettre au nouveau régime. Un grand nombre se rendirent en Amérique où ils furent, paraît-il, assez malheureux, car loin de s'y fixer ils ne tardèrent pas à revenir et implorer la faveur d'être accueillis de nouveau dans le pays. Aujourd'hui ils rentrent en grand nombre et les villages qu'ils avaient abandonnés se repeuplent peu à peu.

L'immigration grand'-russienne n'avait eu jusqu'ici qu'un caractère temporaire. Chaque année un grand nombre de paysans des gouvernements de Koursk, Voronèje et Saratov, venaient aider à la rentrée des récoltes et aux semailles. Aux approches de l'hiver, ils s'en retournaient chez eux où ils pouvaient vivre plus facilement, grâce au petit pécule qu'ils s'étaient amassé. Ils exécutent encore aujourd'hui ces mêmes allées et venues, toutefois, beaucoup d'entre eux séduits par la fertilité du sol, la facilité dans la culture, louent des terres et finissent par rester dans le pays. Plus laborieux que les Petits-Russiens, ils sont occupés aux plus rudes travaux. Ce sont eux qui fournissent la main-d'œuvre dans la construction des chemins de fer. Le Petit-Russien, comme je l'ai dit plus haut, se soucie médiocrement du travail ; pourvu qu'il ait le strict nécessaire, il ne s'inquiète pas d'autre chose.

Cette immigration tout en apportant un précieux concours, puisque la production augmente en raison du nombre de bras qu'elle ajoute aux travaux d'agriculture, ne parvient pourtant pas à faire abaisser le prix de main-d'œuvre qui diminue, en l'état, considérablement le bénéfice du cultivateur. On en jugera par ce fait, que la journée qui est de $0^r,80^k$, en temps ordinaire s'élève au moment de la moisson et des semailles à 3 roubles, quelquefois même à près de 4 roubles (environ 10 francs) dans les années abondantes.

Le commerce consiste à peu près exclusivement dans la vente de la laine, du blé et des peaux. Ce qui rapporte le plus est la laine, dont le produit est un bénéfice presque net pour le propriétaire. Le blé par suite de la main-d'œuvre qu'il exige, donne moins. A cette raison, vient encore s'en ajouter une autre : le besoin d'argent, qui se fait sentir chez plusieurs propriétaires et paysans, leur fait vendre leur récolte avant la moisson à des prix inférieurs. Avant que les blés arrivent à destination, ils ont passé du propriétaire à quatre ou cinq marchands, qui prélèvent chacun un bénéfice au détriment du cultivateur peu aisé, qui n'a pas les moyens de conduire ou faire conduire ses produits aux ports de la mer Noire, où il pourrait traiter à meilleur compte.

La situation est susceptible de bien des améliorations. Tout d'abord, il faudrait donner au paysan les outils mécaniques qui lui manquent et que le nombre de bras ne parvient pas à remplacer ; en outre, lui

assurer l'écoulement facile de ses produits par l'ouverture de nouvelles voies de communication.

Les considérations qui précèdent justifient pleinement l'intérêt qui s'attache en Russie au développement de l'industrie métallurgique dans la région méridionale de l'Empire.

J'ignore quels sont les projets définitifs de la Société de Krivoï-Rog, quant à l'écoulement des minerais, mais je sais que l'installation d'usines a été mise en avant, et je crois tout le monde d'accord à reconnaître en principe leur utilité.

Où seront placées ces usines? On ne peut le dire, tant qu'on n'aura pas fait une étude préalable traitant la question des transports. Le prix des matières à l'entrée et à la sortie des usines, peut varier sensiblement selon que l'on adoptera un point de préférence à un autre. Mais en ne considérant la question que dans son ensemble on peut avoir dès maintenant une opinion sur le projet. Tout d'abord, la première et l'importante préoccupation est le combustible. Or, il arrive, par un heureux hasard, que les houilles qui manquent totalement dans le nord de la Russie, abondent dans une région qui n'est pas très éloignée du bassin de Krivoï-Rog. Les houillères du Donetz fournissent de la houille en quantité et de très bonne qualité. Outre que les usines se trouveront suffisamment alimentées par ces houillères, elles leur assureront en même temps un débouché nécessaire. Si les minerais de l'Oural ne peuvent être écoulés, les houilles du Donetz pour une raison opposée sont dans le même cas. Dans l'état actuel, l'exploitation est loin d'avoir atteint le développement que comportent la richesse et l'étendue des couches. Les raffineries de sucre des gouvernements de Kiew et de Kharkow, qui absorbent une grande quantité de combustible sont trop éloignées pour que la houille y arrive à bon marché, le bois qui abonde dans ces contrées lui fait dans certains cas une concurrence victorieuse. Au sud, la navigation à vapeur utilise près de la moitié des produits, mais ce n'est qu'au prix des plus grands sacrifices, que l'on arrive à éviter la concurrence des houilles anglaises qui, par suite du bas prix des transports par mer, sont vendues jusque dans la mer d'Azow.

Les usines pourront donc être placées, soit à Krivoï-Rog, soit au bassin houiller, soit encore en un point situé entre ces deux endroits.

Krivoï-Rog offrirait bien un premier avantage, parce qu'on aurait

sous la main les minéraux auxiliaires à la fabrication, tels que le manganèse et le calcaire; mais cette localité n'offre pas une artère de communications suffisantes. Les placer au bassin houiller n'offrirait pas un plus grand avantage. Puisqu'il faut à peu près deux tonnes de houille pour la fusion d'une tonne de minerai, il en résulte que pour le minerai contenant plus de 0,50 de métal, il y aurait économie à en effectuer le transport; mais on n'est pas assuré de cette moyenne de rendement et pour réaliser cette économie on serait amené ainsi à n'utiliser que le minerai d'une qualité tout à fait supérieure. Entre Krivoï-Rog et le Donetz, on trouverait peut-être à Alexandrowsk, certains avantages pour l'approvisionnement du matériel de la flotte, mais nous ne pensons pas cependant qu'on choisisse cet endroit.

Avant 1877, un projet faisait aboutir la ligne de Krivoï-Rog à la ville d'Alexandrowsk. De ce point elle se dirigeait directement sur le Donetz, mais après la guerre, ce tracé fut reporté sur Ekaterinoslaw. On attribue cette modification à des raisons stratégiques. S'il en est ainsi, il va sans dire que les mêmes raisons doivent faire écarter un emplacement en cet endroit.

Le point qui nous paraît avoir le plus de chance d'être adopté est Ekaterinoslaw. Outre le chemin de fer, il y a la voie fluviale du Dniepr, qui déversera à bon marché les produits dans l'intérieur du pays. Cette ville se trouve à 140 verstes de Krivoï-Rog et à 230 environ du Donetz. Les minerais comme les houilles pourront y arriver dans d'assez bonnes conditions quelle que soit la valeur des minerais employés. Il ne faudrait pas compter beaucoup sur une communication avec la mer Noire par l'aval du fleuve. Les granits qui caractérisent la rive droite du Dniepr depuis Kiew, se retournant brusquement vers l'est à une dizaine de verstes au sud d'Ekaterinoslaw, déterminent, par la forte inclinaison du toit des couches, les rapides qui s'étendent jusque près d'Alexandrowsk. Ces rapides infranchissables à la remonte sont un obstacle pour la navigation.

Les bateaux que l'on voit aller d'Ekaterinoslaw à Alexandrowsk ne servent que pour le transport du bois de chauffage, et sont vendus avec le contenant à leur arrivée.

L'exécution des projets conçus paraît devoir apporter au pays de sérieux éléments d'avenir, tant au point de vue politique que commercial. A en juger par le concours que les grands centres industriels des

puissances occidentales ont apporté au développement des forces nationales, on voit sans peine les avantages que la Russie peut en retirer. Elle n'aura pas besoin de demander à l'étranger les éléments nécessaires à son armement. Ses ressources suffiront à ses besoins. C'est alors que le rêve de Potemkine se trouvera réalisé, et certainement si cet homme éminent existait aujourd'hui, il mettrait toute son activité au service d'une pareille conception. Ekaterinoslaw deviendra au bout de quelques années une ville florissante. Éloignée de la mer et des frontières, elle se trouve à l'abri des surprises en temps de guerre ; elle pourra devenir comme l'entrepôt le plus formidable d'où les produits s'écouleront en peu de temps, à volonté, partout où les besoins les appelleront.

Au point de vue commercial ce sera une égale somme de bienfaits. Dans l'état actuel, outre que les chemins de fer ne suffisent plus à l'écoulement des produits du pays, comme je l'ai dit plus haut, le matériel de traction est trop restreint sur les lignes existantes. Aussi arrive-t-il ceci, que les voies ferrées ne sont pas utilisées toutes les fois qu'il devrait en être ainsi. Après la récolte, bon nombre de propriétaires et paysans, placés à 3 et même 400 verstes des ports de la *mer Noire* qui doivent recevoir les grains destinés à l'*Italie* et à la *France*, font transporter leur blé par chariots. Pourquoi ne pas employer dans ce cas les moyens rapides de locomotion? La cause ne s'expliquerait pas chez nous. Le manque de matériel et le trafic illicite que les Juifs font de celui qui existe, en sont le seul motif. Lorsqu'un propriétaire s'adresse à un chef de gare, pour demander de mettre à sa disposition un, deux ou trois wagons, il lui est répondu invariablement qu'il n'y en a pas, et cela pour le jour même et les jours suivants. Qu'est-il arrivé : simplement que les Juifs ont loué les wagons pour les recéder à double tarif. Il faut, ou accepter leurs conditions ou faire effectuer le transport par voitures. S'il arrive parfois que des wagons n'aient pas été pris, le commerce étant entre les mains des Juifs, on s'expose à voir son blé rester dans les dépôts d'embarquement un temps infini. Des stocks de grains ont souvent passé l'hiver sans pouvoir être écoulés. Il n'y a donc d'autre alternative que de vendre aux commerçants les récoltes à prix réduits ou de les faire conduire à grands frais par voitures.

On voit alors toute l'amélioration qu'apportera à l'exploitation des chemins de fer l'existence des usines. En augmentant les voitures de transport on pourra aussi empêcher le commerce des locations inter-

médiaires et faire bénéficier le véritable propriétaire des ressources qu'offre le transit par chemin de fer dans tous les pays. Les recettes des lignes s'en ressentiront et, par la même raison, le fisc verra s'accroître ses revenus.

Et les richesses que nous avons mentionnées; le lignite, l'ardoise, le cuivre, etc., pourront être étudiées, avec une grande chance de voir le jour, à côté de la grande entreprise viendront se placer et même se greffer de petites industries qui apporteront un élément de vie nouveau au pays.

Ainsi Odessa, village il y a quatre-vingts ans[1], aujourd'hui la troisième ville de l'empire russe, se transforme tous les jours; c'est une ville tout à fait européenne, grâce aux relations faciles avec l'extérieur et surtout avec les Français qui y créent journellement de nouveaux établissements. Les tramways, condamnés au moment de leur création, font aujourd'hui des recettes magnifiques. Ce mode de transport est beaucoup goûté de la population.

Et dans l'intérieur, il y a de gros villages de 5 à 6,000 âmes et même des villes de plus de 30,000 habitants n'ayant pour tout monument que la Tserkoff (église). Les maisons sont des chaumières dans la construction desquelles il n'entre que très peu de fer. Les charpentes sont toutes en bois, et les outils nécessaires manquent même à l'ouvrier. J'ai vu débiter des madriers à la hache. Vu le prix des métaux, le paysan aime mieux se servir des moyens les plus primitifs qui lui reviennent bien plus cher, même dans l'état actuel, que de sortir de la routine. Quelles économies ne seront donc pas réalisées au bout de quelques années lorsque l'habitant, ayant appris à mieux connaître ses intérêts, pourra compter sur de nouvelles ressources.

L'outillage national sera largement pourvu. La Russie n'aura plus besoin d'avoir recours aux fers et fontes étrangers pour les besoins de ses ateliers. Les houilles du Donetz, exploitées sur une plus grande échelle, défieront alors toute concurrence étrangère et le pays se transformera, en peu d'années, sous l'action influente de l'évolution de l'industrie métallurgique.

1. Le château et le bourg tartare de Hadjibey furent pris d'assaut, le 14 septembre 1789, par le général de Ribas; cinq ans après, le nom de Hadjibey fut remplacé par celui d'Odessa, sur l'ordre de l'impératrice Catherine II.

MÉMOIRE

SUR LE

CASERNEMENT DES TROUPES

PAR M. TOLLET.

Je n'entrerai pas dans les détails de la question, qui remonte à 1740. C'est Vauban qui, vous le savez, a été l'organisateur du casernement en France. Une étude comparative des divers types devait précéder toute proposition de réforme, et elle se trouve exposée dans l'ouvrage que j'ai offert à la Société il y a deux ans. Les premiers casernements établis en 1740 étaient très simples; c'étaient de petits bâtiments, ventilés par de larges cheminées; aussi étaient-ils relativement salubres.

Plus tard, lorsque les armées permanentes ont pris plus d'importance, au lieu de multiplier le nombre des bâtiments, on a agrandi les constructions; on a fait des blocs énormes, où on a mis quelquefois 1,000, 2,000 et jusqu'à 3,000 hommes. Qu'en est-il résulté? C'est que la mortalité a toujours été en croissant, en raison de l'entassement des hommes et du cube de matériaux qui servaient à les loger.

La France n'était pas seule à appliquer ce système monumental, qui donnait de si fâcheux résultats : la plupart des nations européennes l'ont suivi dans cette voie. Cependant en Prusse, en Allemagne, on s'est attaché à faire une ventilation artificielle. Quand on a créé des blocs de bâtiments où il y a des cloisons, des murs de refend et des planchers multiples, la ventilation est devenue difficile, et, chez nos voisins, on a cherché à introduire de force dans ces bâtiments l'air qui n'y entrait pas facilement. Malgré cela, la mortalité dans les casernes européennes est presque égale à celle de la France,

car les trop grandes surfaces de matériaux enfermés ne sont pas assainissables.

En 1870, lorsqu'on a réorganisé l'armée française sur des bases et dans des conditions nouvelles, ce n'était plus, comme autrefois, une partie de la nation qui fournissait le contingent de l'armée, mais toute la population jeune et valide. Il fallait donc s'attacher à étudier des types de constructions qui pussent conserver la santé de notre nouvelle armée. Jadis, le soldat fournissait de longues années de service; il se réengageait souvent, et il finissait par s'acclimater à la caserne; il est vrai que, pour arriver à ce résultat, on perdait beaucoup de monde, mais, aujourd'hui, on ne fait que passer à la caserne tout juste le temps suffisant pour en subir l'influence morbide.

Donc, en 1870, au lieu d'étudier des types nouveaux qui soient en rapport avec les progrès faits dans l'hygiène, on a pris le type de 1822, du colonel de Belmas, condamné par les ingénieurs les plus compétents; on a fait autographier ces types qui étaient enterrés dans les cartons, d'où ils n'auraient jamais dû sortir, et après les avoir adaptés par à peu près aux nouveaux effectifs, on les a imposés dans toute la France.

Il faut bien dire qu'à cette époque le service du génie était surchargé : il s'agissait de la fortification, qui a employé le plus précieux du temps des bureaux du génie, et on a relégué la question de casernement comme très secondaire.

Les figures 1, 2, 3 et 4, pl. 44 représentent un casernement du type de 1872, encore appliqué aujourd'hui. Les bâtiments ne sont plus en contiguïté immédiate, ce qui est une légère amélioration sur les cours fermées; mais en ce qui concerne le groupement, c'est encore plus mauvais qu'avant 1870. Ces figures représentent un bâtiment pour cinq escadrons de cavalerie; tous les hommes du même régiment sont agglomérés dans cet énorme bloc : enfants de troupe, infirmerie; on a mis là dedans tout le régiment, hommes, et, dans deux autres bâtiments placés à droite et à gauche de celui-ci, on a mis tous les chevaux. Tous les étages sont les mêmes. Rien qu'à la vue de cette multiplication de corridors intérieurs, de cloisonnements transversaux et longitudinaux, d'étages superposés, il est facile de comprendre que de pareils bâtiments sont mauvais au point de vue de la santé; ce sont des surfaces d'absorption considérables qui se vicient très vite au contact des émanations de cette agglomération d'hommes, de sorte

qu'elles sont bientôt usées, sanitairement parlant. Notre Président a fait ressortir, dans son lumineux rapport à la Société de médecine publique, que, dans de tels bâtiments, chaque homme était menacé par une sorte d'éponge miasmatique de 7 mètres cubes.

De 1872 à 1878, plusieurs ministres de la guerre se sont préoccupés de la question. On a vu les mauvais résultats de ces casernements. Le général Berthaut avait l'intention de les faire modifier; je lui avais communiqué mon projet; il l'avait étudié et adopté, et si la mort ne l'avait pas enlevé trop tôt, il aurait eu l'énergie nécessaire pour le faire appliquer.

La modification consistait à faire enlever les cloisonnements, à reporter au dehors divers accessoires, et notamment l'infirmerie, qui pouvait être un foyer d'épidémie; j'obtenais ainsi dans tout le rez-de-chaussée des salles de jour d'une surface suffisante pour que tous les hommes puissent y trouver des salles de séchage, d'étude et d'exercice (voir pl. 44, fig. 1).

Une des principales causes de l'infection des casernes, c'est la chambrée à tout faire : on y mange, on y dort et on a proposé encore d'y faire des exercices de détails en relevant les lits. Lorsqu'on entre le matin dans une chambrée au moment du lever des hommes, on se demande comment il est possible d'y vivre!... Je sais bien que, quand on a dépensé 130 millions pour ces malheureux types, il n'est pas facile de venir proposer de les démolir; aussi j'ai pensé à les modifier. Dans le projet (fig. 5 et 6), j'ai divisé les chambrées en salles de jour et salles de nuit, de manière à permettre d'aérer les dortoirs pendant le jour, et d'ouvrir les salles de jour pendant la nuit; j'ai enlevé la plus grande partie des cloisonnements pour réduire les surfaces d'absorption et favoriser l'aération intérieure de cet énorme bloc de matériaux poreux. Mais, depuis la mort du général Berthaut, plusieurs ministres ont passé, et ils n'ont pas eu le temps ou l'énergie de s'occuper de cette question.

Voici les résultats produits pour ces casernes : ils sont désastreux, malheureusement ils sont exacts. Ils sont calculés d'après les statistiques officielles pour les années 1876, 1877 et 1878. Les statistiques de 1879, 1880 et 1881 n'ont pas encore paru; cependant on doit prévoir qu'elles seront encore plus mauvaises que celles-ci, notamment en ce qui concerne la fièvre typhoïde, parce que plus les bâtiments

vieillissent et plus ils deviennent malsains, surtout quand la ventilation intérieure et la propreté y font défaut.

La mortalité pour l'armée entière est de 10 sur 1,000. Si l'on compare cette mortalité avec celle des jeunes gens du même âge laissés dans la vie civile et considérés comme étant d'une constitution inférieure à celle des jeunes gens appelés sous les drapeaux, on voit que la mortalité est le double dans l'armée quand, au contraire, elle devrait être égale, sinon au-dessous. Si on divise cette mortalité en deux grandes catégories, d'abord celle qui est causée par les maladies d'encombrement, qui sont surtout les fièvres typhoïdes, la mortalité est de 3,29 sur 1,000, c'est-à-dire un tiers à peu près de la mortalité totale.

La mortalité, dans les casernes du type de 1870-1882, est de 1,30 sur 1,000 pour les maladies des voies respiratoires.

L'excessive mortalité n'est pas tout ce qu'il faut déplorer; les maladies sont bien plus graves à cause de leur grand nombre et de l'affaiblissement général qu'elles occasionnent, non seulement dans l'armée, mais dans la nation tout entière. On compte annuellement plus de 7 millions de journées de maladies dans l'armée française. Voici les entrées à l'hôpital :

220 pour 1,000 pour toutes les maladies et pour l'armée entière;

12 sur 1,000 pour la fièvre typhoïde;

40,8 sur 1,000 pour les maladies des voies respiratoires. Mais on meurt beaucoup moins de ces maladies que de la fièvre typhoïde. En effet, pour la fièvre typhoïde, il y a 3,29 décès sur 12 entrées à l'hôpital, tandis que pour les maladies des voies respiratoires, il n'y a que 1,30 décès sur 40,8 entrées à l'hôpital. C'est donc la fièvre typhoïde qui se développe surtout par l'encombrement qu'il faut s'attacher à combattre le plus dans les casernes. Remarquez que, dans ce chiffre de 220 sur 1,000, je ne parle que des cas les plus graves, c'est-à-dire qui nécessitent l'entrée à l'hôpital; mais il y a encore les réformés, qui s'élèvent à 15 pour 1,000, et les malades qui restent à l'infirmerie ou à la chambre.

En 1870, j'étais entré dans le génie, comme beaucoup d'entre nous, et j'avais accepté du service comme l'ont fait, à cette époque, tous les hommes de bonne volonté; c'est par cette occasion que, ayant vu les effets désastreux produits par les casernements, je me suis dit : la

première chose que je ferai en rentrant dans la vie civile, ce sera de m'occuper de cette importante question.

Il fallait formuler un programme avant tout. Le mien a été basé sur les vœux des hygiénistes.

Les médecins militaires, depuis cent ans, ont cherché à perfectionner les casernements, mais, jusqu'à présent, ils n'ont jamais eu voix délibératives dans les conseils ; ils vont l'avoir, et leurs efforts seront peut-être couronnés de succès.

Beaucoup de perfectionnements ont été indiqués dans les mémoires des médecins militaires, mais ils sont toujours restés dans les cartons. Mon but a été de les réaliser et je n'ai épargné aucun effort pour cela.

J'ai cherché d'abord l'emplacement des nouvelles casernes, en dehors des villes, où il y a déjà de grandes agglomérations d'individus, en choisissant aussi le terrain le plus convenable. Au lieu de dire : voilà un terrain abandonné, déshérité parce qu'il est malsain, si on y mettait la caserne, cela donnerait un peu de vie à ce quartier et donnerait de la valeur aux propriétés voisines ; — oui, mais cela fait mourir le soldat ; — il faut le mettre hors de la ville, le terrain coûte moins cher, et le soldat aura plus de surface et une meilleure aération ; l'officier aura un peu plus de chemin à faire, mais c'est un sacrifice qu'il fera volontiers dans l'intérêt de la santé du soldat.

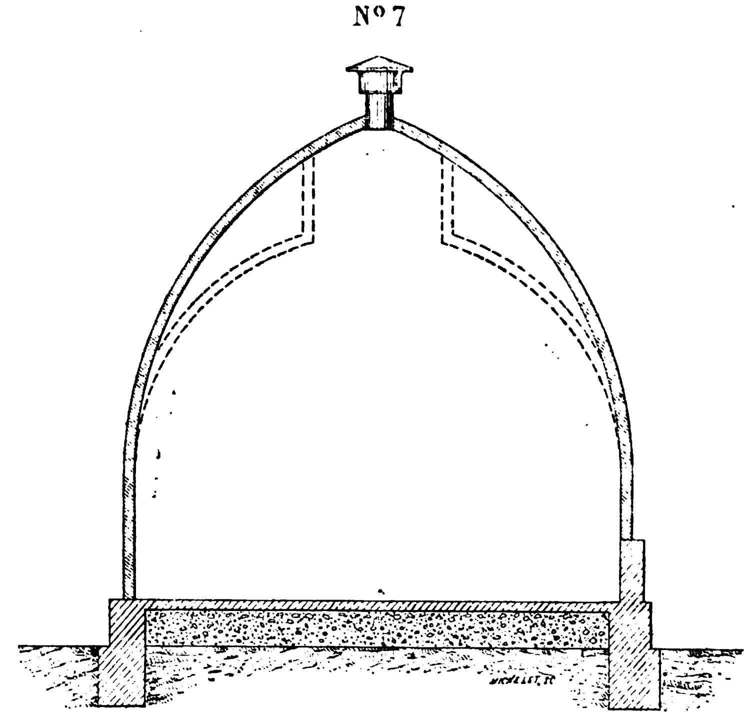
Donc, premier point : emplacement hors de la ville ; ensuite, conditions à remplir dans les dispositions du logement pour qu'il soit conservateur de la santé et des forces de l'occupant, et pour cela, porter au maximum possible la surface de bâtiment en contact avec l'air extérieur, qui doit être considérée comme une surface d'assainissement ; réduire, au contraire, les surfaces en contact avec l'air intérieur qui sont des surfaces d'absorption. Pour arriver à ce but, j'ai comparé les différentes formes à donner au bâtiment, et j'ai trouvé que la forme ogivale était celle qui convenait le mieux. C'était une application nouvelle aux logements collectifs, d'une forme autrefois adoptée pour les cathédrales ; mais il fallait déterminer des procédés de construction simples et économiques pour l'appliquer aux logements collectifs.

Si nous examinons la figure qui donne les profils comparatifs de cette forme ogivale avec les formes polygonales ou les formes ordinaires, le plein cintre, l'anse du panier ou l'ellipse, on voit que l'ogive donne le minimum de surface d'absorption ou d'infection pour le

maximum de cube d'air, le cube d'air devant être développé le plus possible.

Maintenant, si on observe ce qui s'est passé en Angleterre et en Allemagne, pour les constructions sans étages superposés, on voit qu'on s'est empressé de surélever la partie centrale par un lanterneau, pour favoriser la ventilation, car l'air sortant de nos organes s'élève ; s'il rencontre un plafond, il retombe et vicie peu à peu tout l'air de la salle ; il faut donc lui donner une issue directe et immédiate par le haut. Si j'avais présenté un projet semblable, il n'eût pas été accepté, à cause de la complication de la construction et de son prix élevé. La forme ogivale donne très simplement la surélévation centrale ; il y a ici comme un canal formé par l'angle dièdre curviligne du faîtage ouvert et par où passent les produits de la respiration (fig. 7).

N° 7



Profil comparatif de la forme ogivale avec la forme plein cintre surmontée de lanterneau.

Cette disposition favorise surtout la ventilation d'été et celle de nuit, la plus utile et la plus négligée ; elle est également favorable à la ventilation d'hiver, qui est liée au chauffage des salles. J'obtins une stabilité

absolue au moyen d'une ossature en fer noyée dans les parois et, en supprimant tous les contreforts, toutes les charpentes saillantes et les tirants intérieurs qui occasionnent toujours un encombrement dans les salles et où la poussière s'attache.

Vient ensuite l'espacement des bâtiments : il faut une largeur égale à une fois et demie la hauteur, au moins. L'orientation aussi est très importante; il faut disposer le bâtiment de telle sorte que le soleil arrive sur toutes ses faces. Ici, tous les angles sont arrondis, et il y a des caniveaux dans le bas, pour que la construction puisse se laver à grande eau et que les eaux de lavage puissent être recueillies à l'extérieur. Les enduits intérieurs sont en ciment. Je donne 25 mètres cubes d'air par homme, c'est le double de la ration réglementaire, et cet air peut se renouveler à raison de 100 mètres cubes par heure et par tête. Dans les logements collectifs, rien ne doit être laissé au hasard ou au caprice; tout doit concourir à la salubrité. Voici un pavillon de troupes, pouvant loger une compagnie d'infanterie, ou un demi-escadron, ou une batterie d'artillerie, qui sont des unités d'effectifs; je mets moins d'hommes pour la cavalerie que pour l'infanterie, parce que les cavaliers ont une tendance à infecter plus vite leur logement. Les figures 8 à 12 représentent l'ensemble d'un bâtiment pour un demi-escadron. Il se compose de deux dortoirs, pour 30 hommes chacun, de quatre chambres séparées pour sous-officiers. Pour que les portes des salles ne soient pas immédiatement en contact avec l'air extérieur, il y a au centre un vestibule où sont installés des lavabos.

Le lavabo a été adopté, en 1872, dans nos premières casernes de Bourges, non sans de vives résistances; mais le général Ducrot a fini par avoir gain de cause et on commence à s'en servir. Ce qui manque aussi à l'armée française, c'est un règlement de propreté comme il en existe en Prusse et ailleurs. Aujourd'hui, tout le monde est soldat, et il y a, à l'armée, des jeunes gens élevés dans des habitudes de propreté, qui seront heureux d'avoir ces lavabos à leur disposition.

L'idéal, pour une salle collective, serait que toutes ses parois enveloppantes fussent en contact avec l'air extérieur; mais il faut loger les sous-officiers, et leurs chambres masquent forcément une partie des grandes salles. Ici les logements des sous-officiers sont vers les pignons; mais comme je tenais à avoir quand même la ventilation longitudinale, j'ai fait bifurquer à droite et à gauche les cloisons extérieures des chambres des sous-officiers de façon à dégager les parties

supérieures des pignons (fig. 10). Ces derniers, percés de larges baies permettant à l'air extérieur de pénétrer dans les grandes salles, pour y pratiquer une ventilation active en l'absence des occupants. Le même inconvénient se présentait au vestibule et j'y ai paré au moyen d'une disposition spéciale représentée figure 12. Le faîtage du vestibule est moins élevé que celui des salles. Il y a un large châssis ouvrant de telle sorte que l'air peut entrer par un pignon et sortir par l'autre et qu'il pourra se produire de grandes chasses d'air qui assainiront les salles. Ces choses peuvent paraître méticuleuses, mais elles ont beaucoup d'importance en pratique.

Pour les animaux comme pour les hommes, on a fait des agglomérations excessives et on a perdu ainsi beaucoup de chevaux. On a fait partout, et malgré les observations des hommes compétents, des écuries dites « docks » qui sont des bâtiments juxtaposés par leurs longs pans et formant en couverture de nombreuses noues qui s'obstruent et où la neige s'accumule pendant l'hiver. Au moment du dégel, la neige fond et tombe sur la tête des animaux.

Le cheval de guerre est destiné à vivre en plein air et il faut l'habituer à une large aération. Je vous ai indiqué les principales bases de mon programme. Voici une application pour un régiment de cavalerie représentée par une perspective (Pl. 45). Bâtiments parallèles, sur deux rangées, contenant un demi-escadron d'hommes. Écuries intercalées logeant un escadron de chevaux. Comme les chevaux sont seulement sur quatre rangs, la surveillance est facile. Il y a une distance de 15 mètres entre les écuries et les pavillons d'hommes, et 10 mètres entre deux pavillons d'hommes. Il y a un manège et des bains-douches.

Au nord du casernement, j'ai placé l'infirmerie des hommes; de cette façon il y a moins de danger de contagion; dans l'autre angle nord se trouve l'infirmerie des chevaux. Dans le bâtiment des bains-douches il y a un lavoir, une salle de séchage et une large piscine où les soldats pourraient même apprendre à nager. Sur le périmètre se trouvent les cuisines et les réfectoires où le soldat peut consommer sa ration chaude et entière. Aujourd'hui, le soldat est obligé de manger dans sa chambre; il va chercher sa gamelle à la cuisine, située à 200 mètres, remonte dans sa chambre; il répand presque tout dans les escaliers et les corridors, les infecte et mange le reste froid. Pour remédier à ces inconvénients, j'ai placé les réfectoires à côté des cuisines. Il y

a, en outre, des classes, des salles d'études pour les sous-officiers, et même des salles de réunion. Vous savez la grande difficulté qu'on a à retenir maintenant les sous-officiers dans l'armée française; il faut donc les séduire et les retenir. Ils ont chacun leur chambre, leur lavabo à eux; des entrées particulières plus favorables à la discipline que des contacts incessants dans les escaliers avec leurs subordonnés. Ceux d'entre vous qui ont passé par les casernes doivent se rappeler quelles corvées et quelles fatigues imposaient les escaliers; je les ai supprimés.

Dans son ensemble, le système de casernement nouveau occupe 7 hectares, y compris un vaste espace central pour les exercices, tandis que l'ancien système n'occupait que 5 hectares et demi. La différence de 1 hectare et demi peut se trouver partout en dehors des villes ou nulle part on n'a pu trouver, dans les grands centres, les 5 hectares et demi pour le système de l'entassement.

Mon système a été approuvé par tous les hommes compétents à qui il a été présenté; j'ai obtenu les encouragements de M. Thiers et de la plupart des généraux en chef. Il a été l'objet du vote approbatif du parlement; mais jusqu'ici il n'y a que l'ancien Général en chef du huitième corps d'armée qui soit parvenu à l'obtenir, et encore n'a-t-on pas encore établi les réfectoires ni les bains-douches prévus dans mes projets.

Voici les résultats sanitaires obtenus pour les 6,000 hommes d'artillerie ou d'infanterie, logés dans les nouvelles casernes, à Bourges Cosne et Autun (quatre régiments) comparés à l'armée entière et aux effectifs du huitième corps d'armée.

Il y a, par an, 10 décès environ sur 1,000 hommes pour l'ensemble de l'armée; pour l'ensemble des casernements du huitième corps, 6, et pour les nouvelles casernes, 4. Ces résultats sont afférents à trois années consécutives 1876, 1877 et 1878. Vous voyez que le huitième corps est en faveur sur l'armée. Les chiffres à considérer ici sont les chiffres 10 et 4 : ils sont éloquents; surtout pour la fièvre typhoïde, elle n'a donné lieu à aucune épidémie, à aucun décès dans les nouvelles casernes, tandis qu'elle a été si meurtrière ailleurs. Malgré qu'il ne se soit produit aucune épidémie dans mes casernes pendant une occupation de huit années, je ne veux pas prétendre qu'il ne s'en produira jamais, car le mal peut être apporté du dehors, comme cela est arrivé en 1880, où des hommes venus de Châlon ont apporté la diphtérie au

37e d'artillerie ; mais sur 64 pavillons de troupes dont se compose le quartier d'artillerie de Bourges, 4 seulement ont été atteints, et ce sont précisément ceux qui étaient environnés d'eaux stagnantes accumulées par le défaut d'entretien des cours. On peut cependant affirmer que dans un bâtiment où il y a un cube d'air considérable, régulièrement renouvelé, où les surfaces d'absorption sont réduits au minimum et les surfaces d'aération développées au maximum, il doit y avoir de bons résultats ; et en admettant même qu'une épidémie vienne à faire son apparition, il est plus facile d'évacuer un petit bâtiment logeant 70 hommes qu'une grande caserne qui contient de 800 à 1,200 hommes. Quand arrive une épidémie, le major dit bien : Il faut évacuer immédiatement la caserne, car c'est le seul moyen d'enrayer le mal ; mais ce n'est pas facile, et pour peu qu'on temporise, les victimes se multiplient.

C'est ainsi qu'on a vu dans les mêmes casernes plus de 150 hommes atteints d'un coup par l'épidémie, et le tiers en mourir.

La presse locale proteste, puis tout se tait jusqu'à ce que de nouvelles hétacombes viennent émouvoir pour un moment l'attention publique, et nos soldats continuent à souffrir et à mourir sur un lit d'hôpital.

Dans une brochure encore récente, l'ancien directeur général du génie s'était appliqué à défendre son système en dénigrant le nouveau et son auteur. Il disait : « Il y aura moins de maladies d'encombrement, mais les maladies de refroidissement, c'est là qu'il va y en avoir ! »

J'avoue que j'avais été un peu ému par cette prédiction. Eh bien, ces craintes ne se sont pas réalisées. Voici le résultat pour les maladies de refroidissement suivies de décès :

1,30 sur 1,000 pour l'armée entière ;
1,40 pour le 8e corps, et 0,70 pour les nouvelles casernes.

Entrées à l'hôpital pour ces mêmes maladies :
40,8 pour l'armée entière ;
35 pour le 8e corps ;
25 pour les nouvelles casernes.

Il y a moins de maladies d'encombrement, il n'y a pas d'épidémie, et les maladies de voies respiratoiros sont inférieures.

Alors on a été plus loin. On a dit : il y aura des rhumatismes !

Voici les rhumatismes :

Décès : 0,09 sur 1,000 pour l'armée entière ;

Rien pour le 8e corps ;

Rien pour les nouveaux casernements.

Ne comparons, si l'on veut, que les chiffres du 8e corps pour rester dans les mêmes conditions climatériques.

Il n'y a pas lieu d'effrayer le public à cet égard-là. Ce qui est certain, ce sont les nombreuses maladies qui atteignent les soldats.

Il y a eu encore, en 1880, dans les casernements de Bourges, logeant ensemble 5,000 hommes, une épidémie de fièvre typhoïde. Il y avait 60 ou 65 hommes malades, il y eut 22 décès en peu de jours ; eh bien, Messieurs, les 3,000 hommes d'artilerie et les 500 hommes d'infanterie logés dans les nouvelles casernes n'ont pas été atteints! On dira : c'est du hasard! Mais cela se continue depuis plusieurs années.

Je suis obligé de citer des statitisques ; on ne devrait pas s'appuyer sur elles. Les conditions relatives et si différentes d'établissement des deux types en présence devaient faire prévoir ce résultat.

Objections.

Dès l'origine et avant même que l'expérience ait prononcé sur le nouveau casernement, des objections de toutes sortes lui ont été opposées.

On a d'abord cherché à nier les économies d'argent qu'il réalisait et pour cela on a présenté des chiffres fantaisistes.

J'ai relevé ces erreurs dans une réponse à l'ancien directeur général du génie, et il n'est pas nécessaire de faire tant de calculs sur ce sujet, l'économie du nouveau système résulte de la suppression des planchers, des escaliers, refends, cloisons multiples, et d'une réduction des deux tiers dans le cube des matériaux.

Je passe à d'autres objections qui, sans être plus sérieuses, ont eu assez d'influence pour permettre la continuation d'errements funestes.

On a dit aux généraux en chef qui demandaient le nouveau système que la surface de terrain ne permettrait de l'appliquer qu'à une distance des villes, telle que les relations sociales seraient interrompues entre les populations civiles et les groupes casernés.

Or, par la force des choses, on n'a pu heureusement, presque partout, établir les nombreuses casernes du type de 1872-1882, qu'en dehors des villes, parce que le prix du terrain et des expropriations dans les grands centres de garnison auraient à eux seuls absorbé des sommes colossales, souvent plus élevées que le prix des constructions déjà trop coûteuses et partout où on a trouvé les 5 hectares 28, formant l'emplacement des casernes types de 1882, on aurait pu trouver les 6 hectares 50 que je demandais pour que les masses casernées fussent moins condensées et puissent se mouvoir à l'aise.

6 et 7 hectares de terrain coûteront toujours moins chers à l'extrémité d'un faubourg que les 2 ou 3 hectares sur lesquels on parvient à entasser un régiment au centre d'une ville, en multipliant les étages et en rétrécissant outre mesure les espaces libres.

Je n'ai jamais prétendu, d'ailleurs, qu'il fût mauvais d'élever les dortoirs à plusieurs mètres au-dessus du sol, sur des soubassements, pourvu qu'il n'y ait pas de superposition de dortoirs, et c'est ce que j'ai fait pour les hôpitaux dont la construction m'a été confiée. L'on trouve dans ces soubassements des espaces très commodes pour l'emplacement des calorifères, chambres de chauffe et promenoirs couverts.

Mais, pour un casernement, que ferait-on d'une surface de soubassement égale à celle des dortoirs et qui s'élève à :

4,000 mètres pour un régiment de cavalerie,
5,000 mètres pour l'infanterie,
10,000 mètres pour l'artillerie.

D'abord il faudrait éviter d'y installer les cuisines, cantines et réfectoires qui seront toujours mieux placés au périmètre du plan, à cause des émanations qui s'en dégagent et qui se porteraient dans les dortoirs placés au-dessus : mais on sera toujours tenté d'enfreindre cette condition sanitaire, en voyant tant d'espaces couverts ainsi inoccupés.

Il est vrai que l'on pourrait les utiliser comme salles d'exercices, chambres de séchage et magasins d'habillement, les chaussures exceptées.

Cette combinaison, ayant l'adhésion d'officiers généraux qui n'ont d'autre parti pris que le bien-être du soldat, j'ai cherché à la réaliser, dans un projet qui figure en ce moment à l'exposition de Bordeaux,

et qui donne au casernement un aspect architectural moins modeste que le casernement à simple rez-de-chaussée.

Seulement il ne faut pas se dissimuler qu'il en résulterait une dépense d'un quart en plus, soit de 250,000 francs pour un casernement régimentaire de cavalerie. Or, quand on poursuit la réalisation d'une réforme qui rencontre déjà tant de résistances, il faut éviter de fournir de nouveaux prétextes par une augmentation de dépense. De plus, si l'on respecte le principe d'un espacement des pavillons proportionné à leur hauteur, comme on ne peut donner aux soubassements moins de 3 mètres de hauteur, pour les utiliser comme salles d'exercices et de séchage, il faudra éloigner les bâtiments entre eux de 4 à 5 mètres de plus et porter leur espacement à 15 mètres environ au lieu de 10, ce qui exigerait un accroissement de surface de terrain de 1 hectare et porterait la surface totale à $7^h,50$ au lieu de $6^h,50$ prévus pour un casernement de cavalerie. Or, on trouve déjà, à tort il est vrai, cette dernière surface excessive.

Je ne crois pas, d'ailleurs, qu'il y ait une différence bien réelle entre les qualités de l'air respiré à 3 mètres au lieu de 1 mètre au-dessus du sol, lorsque ce sol est convenablement entretenu, et je ne suis pas convaincu qu'il y ait dans la surélévation des salles sur soubassements des avantages compensateurs du supplément important de la dépense et de la fatigue qu'occasionneront l'ascension des escaliers à 3 mètres de hauteur.

L'expérience prouve que l'on peut réaliser un casernement sanitaire au plus haut degré par de simples rez-de-chaussée établis sur des planchers isolateurs du sol ou sur des massifs de scories de forges surmontés d'aire en ciment sur béton hydraulique. Mais il faut entretenir les cours et drainer le sol de façon à éviter l'imbibition des eaux pluviales au pourtour des logements.

Si dans les villes les rez-de-chaussée doivent être considérés comme la partie la moins saine des habitations, c'est parce qu'ils sont plus directement exposés aux émanations malsaines de la rue où une circulation incessante d'hommes et d'animaux, imprègne le sol de déjections et y développe les poussières et les ferments; cela tient aussi à la superposition des étages et à la grande profondeur des bâtiments; quoiqu'on fasse pour leur assainissement, le soleil ne peut y exercer que très imparfaitement son action bienfaisante, les surfaces lumi-

neuses latérales étant très restreintes, tandis que la plus grande partie des surfaces intérieures reste dans l'ombre.

Au contraire, dans des pavillons dont la profondeur n'est à dessein que de 1/5 de la longueur, débarrassés de plafonds et de charpentes, la lumière pénètre de toutes parts, aussi bien par le toit que pas les côtés et l'air enfermé dans des surfaces arrondies se renouvelle facilement par les nombreux orifices de ventilation répartis dans toute la surface enveloppante des salles.

M. le baron Larrey, ancien président du comité de santé, dont les excellents avis ont été écoutés avec tant de déférence lors des discussions parlementaires relatives à la réorganisatiou de l'armée, a formulé à cet égard son opinion d'une manière très nette.

« Le rez-de-chaussée constitue la demeure normale du soldat, » écrivait l'éminent hygiéniste dans son mémoire à l'Académie des sciences sur le nouveau système.

En effet, en temps de guerre, le soldat logera toujours au ras du sol, sous la tente, dans des granges et dans des habitations rurales où le paysan se conserve vigoureux.

Plaçons donc nos soldats, en temps de paix, dans les conditions de logement qui se rapprochent le plus des abris légers utilisés en temps de guerre, et le jour où ils seront appelés à défendre la patrie, nous les trouverons robustes et acclimatés aux couches basses de l'atmosphère; tandis que s'ils continuent à s'étioler dans l'air, moins variable peut-être dans sa température, mais assurément plus vicié, des hautes et profondes casernes, il arrivera, ce que malheureusement on a vu trop souvent déjà, qu'au début d'une campagne, les hôpitaux s'empliront d'hommes qu'un brusque changement de milieu a surpris et rendu impropres aux fatigues de la guerre.

Parcours et sujétion de service.

On a dit que la vaste superficie des casernes de nouveau système rend les communications difficiles et fatigantes, on va voir que la comparaison est au contraire à leur avantage.

Comparons deux casernes de cavalerie, l'une d'après les types officiels de 1874-1882, l'autre d'après le nouveau système.

Dans la première, pour se rendre aux écuries-docks, les cavaliers logés au deuxième étage d'un unique bâtiment ont à descendre d'abord 45 à 50 marches d'escalier, puis à parcourir un espace horizontal d'environ 120 mètres, tandis que dans la seconde, les cavaliers logés en face de leurs chevaux, par demi-escadron, peuvent voir de leurs logements ce qui se passe dans les écuries et ils n'ont à effectuer qu'un parcours horizontal moyen de 30 mètres, sans escalier à franchir. Le groupement des hommes et celui des chevaux est fait par demi-escadron, et les sous-officiers ont, non seulement leurs logements particuliers, mais des entrées séparées, tandis que dans la première ils sont obligés de franchir les mêmes escaliers que le soldat.

Si on compare maintenant les sujétions afférentes au service des repas, on voit que dans l'ancien système, les hommes, pour se rendre à la cuisine, ont à descendre 45 à 50 marches, à parcourir deux fois une distance horizontale de 100 mètres, à franchir les escaliers, leur gamelle à la main, pour aller consommer dans la chambrée à tout faire, leur ration refroidie et souvent diminuée par les accidents de parcours. Dans le nouveau système, au contraire, de larges réfectoires étant établis à côté des cuisines, le soldat n'a que quelques pas à faire pour emporter sa ration et la consommer chaude pendant que les dortoirs sont ouverts à une aération complète. Les mêmes observations s'appliquent aux distances à parcourir pour parvenir aux latrines.

On sait, d'ailleurs, combien le soldat est exposé à descendre fréquemment les escaliers de la caserne pour des motifs plus ou moins sérieux.

Quant aux infirmeries, au lieu de faire partie du même bloc que les chambrées actuelles, elles sont reportées dans des bâtiments spéciaux situés à une distance convenable des logements proprement dits. Ce sont de véritables petits hôpitaux régimentaires, disposés de telle sorte qu'on peut y traiter la plupart des malades au lieu d'augmenter l'encombrement des hôpitaux civils en y portant trop souvent les germes de maladies contagieuses, ou en exposant le soldat à en contracter.

Je pourrais entrer dans d'autres détails de service, mais on voit combien il est puéril d'invoquer d'insignifiantes différences de parcours et de prétendues fatigues journalières, quand il s'agit en somme de la vie de nos soldats et des conditions générales d'installation propres à les défendre contre les maladies qui les atteignent.

Objections diverses.

Combustibles nécessaires au chauffage. — La question de chauffage a inspiré aussi des critiques, en apparence sérieuses, auxquelles j'ai maintes fois répondu : « Pour chauffer les chambrées du nouveau système pendant les froids rigoureux, il faut, disait-on, augmenter les rations de combustible, ce qui ne laisse pas que d'être une charge assez lourde pour le Trésor. »

Il est très vrai que pour chauffer des chambres où la ration d'air est presque doublée et où l'air se renouvelle, il faut plus de combustible que dans les chambres des casernes anciennes où l'espace est si parcimonieusement mesuré, et où l'air se renouvelle si peu que la présence des occupants suffit presque à elle seule pour l'échauffer, mais aussi pour le corrompre.

Dans ces dernières conditions, malgré l'exiguïté des poêles et des rations de chauffage, on fait encore des économies sur le combustible, régulièrement alloué, mais on ne dit pas que *ces prétendues économies sont payées avec usure par les journées de maladie* et les décès.

Du reste, il faut qu'on sache que le supplément de combustible nécessaire pour bien chauffer un casernement nouveau serait de 350 francs environ pour une année ; ce qui est loin d'atteindre les 15 à 20,000 francs d'intérêt du capital économisé dans la construction. Il y a même lieu de croire que la division des logements en salles de jour et en dortoirs, combiné avec de meilleurs appareils de chauffage que les poêles microscopiques en fonte qui ne peuvent chauffer qu'en les portant au rouge, réduirait la consommation de combustibles, mais à notre sens, c'est un détail, et on ne peut que se demander comment il se fait que des hommes considérables aient cherché à se faire une arme de la différence réelle, mais insignifiante des frais de chauffage.

Dilatation. — On a prétendu, à l'origine, qu'il y avait « dans l'association du fer et de la brique une cause de dislocation peut-être éloignée, mais assurément inévitable » et l'on ne doit pas être surpris de retrouver cette crainte exprimée dans le mémoire de M. le général de Rivières (page 37) bien que l'expérience la plus concluante ait aujourd'hui démontré l'inanité de cette appréhension.

Théoriquement, l'importance de la dilatation est trop insignifiante

pour donner la moindre inquiétude, dans les conditions où notre système utilise les propriétés durables et résistantes du fer. Aussi ne s'est-il produit aucun effet de dilatation appréciable dans les 40,000 mètres superficiels dont se composent nos constructions et qui ont subi les variations de température de plusieurs étés très chauds et d'hivers rigoureux.

L'effet de la dilatation ne s'accumule pas avec les années et on peut affirmer que, lorsque dans nos climats des constructions à ossature en fer ont subi l'épreuve de 25 degrés de froid, comme pendant l'hiver de 1879-1880 et de 30 à 40 degrés de chaleur pendant les étés précédents, c'est-à-dire des différences de température de 60 degrés, elles offrent toute sécurité pour l'avenir.

Il y a trente ans, que l'habile architecte des halles centrales a associé avec succès le fer et la brique dans des conditions très accessibles aux influences thermiques ; ceux qui se sont inquiétés outre mesure peuvent donc se rassurer.

Mais il y avait là un argument d'autant plus commode qu'il pouvait plus difficilement être combattu, le temps devant seul en faire justice ; et avec cet argument, habilement opposé à leurs demandes, on est plus d'une fois parvenu à inquiéter les chefs de corps qui insistaient pour l'application du nouveau système, au casernement des troupes placées sous leurs ordres. « Soit, leur répondait-on, nous allons vous construire des casernes du système Tollet, puisque vous y tenez absolument, seulement la dilatation du fer amènera infailliblement des accidents qui obligeront d'abandonner ces baraques pour revenir aux vraies casernes, et nous ne voulons pas qu'on puisse nous accuser de dilapider ainsi les deniers publics ; nous ne ferions droit à votre demande, que si vous preniez à votre charge la responsabilité des accidents, qui pourront arriver aux constructions. » On comprendra que les chefs de corps, même les plus convaincus, reculaient en présence d'une pareille responsabilité.

Tel fut dans cette affaire le seul rôle joué par la dilatation.

On a prétendu aussi que les dépenses d'entretien des nouvelles casernes seraient plus élevées, parce qu'elles présentent des surfaces de toitures trois fois plus fortes que celles des anciennes casernes.

On a oublié de dire qu'il y a à entretenir, dans ces dernières, des surfaces de planchers qui coûtent dix fois plus cher et qui sont des

surfaces d'infection, tandis que les toitures sont des surfaces d'*aération*, que l'hygiène commande d'étendre le plus possible.

Du reste, j'ai assuré de faire entretenir les nouvelles casernes aux prix moyens alloués pour les anciennes, et l'économie de 30 pour 100 réalisée dans les frais d'établissement restera à peu près intacte.

Remarquons aussi que le casernement des troupes doit être susceptible d'une certaine élasticité; et si avec le nouveau système, il est facile d'ajouter quelques pavillons sans rompre la régularité de l'ensemble, comment s'y prendrait-on pour loger dans des casernes, déjà trop exiguës, les effectifs normaux s'ils étaient augmentés; car enfin, le procédé qui consiste à serrer les hommes en raison de leur nombre doit avoir des limites, et ces limites ont déjà été dépassées imprudemment.

J'ai éprouvé de grandes résistances et elles semblent être devenues systématiques, surtout depuis que j'ai saisi le Parlement de la question et qu'il m'a encouragé par un vote.

Partout on renouvelle les parquets tous les cinq ou six ans; à Bourges on a laissé le dallage usé, par dix années d'occupations et on appelle la-dessus l'attention des visiteurs. Il y a certainement, dans le corps du génie, des hommes de progrès, mais il sont obligés d'obéir à une direction qui a rendu de grands services au point de vue des fortifications, mais qui est toujours restée dans la tradition des anciennes casernes. Et voici la raison : on veut léguer aux générations futures, des monuments qui soient la marque de la grandeur militaire de la France. Vous voyez les résultats de ce système. Je demande qu'on veuille bien s'occuper de cette question, qui est vraiment une question nationale; je demande que chacun fasse ce qu'il pourra pour la faire sortir de l'ornière. Les ministres sont animés des meilleures intentions, mais pas un n'a eu le temps ni l'énergie nécessaires pour modifier les casernements. Les uns croient trop à l'infaillibilité des bureaux, les autres craignent leur hostilité. Comme, en désespoir de cause, on a proposé d'enlever les casernements au service du génie pour les donner aux architectes, aux ingénieurs civils; ce n'est pas la vraie solution. Ce n'est pas de l'art qu'il faut faire ici : il faut donner le maximun de salubrité aux soldats. Il faut imposer un programme de construction, et ce programme ne pourra être fait que par une commission de casernement qui poursuivra son but avec la plus parfaite indépendance à l'abri des fluctuations politiques et des pressions admi-

nistratives. A l'exemple de l'Angleterre cette commission, composée surtout de membres du parlement, consulterait aussi les hommes qui ont étudié consciencieusement la question en dehors de la filière habituelle. C'est ainsi qu'on arrivera à une réforme qui pourra être appliquée, avec leur dévouement habituel, par les officiers du génie, et, ce jour-là, nous aurons sauvé au moins 2,000 hommes par an de la mort, sans compter les réductions des maladies qui affaiblissent l'armée française et, par suite, toute la nation. La population est loin de progresser, au point de vue du nombre. On a dit : les Allemands perdent autant que nous. — Non, les Allemands ne perdent pas autant que nous ; d'ailleurs, la population allemande s'accroît tous les jours, à tel point qu'elle est obligée d'émigrer dans des proportions considérables. Nous allons en décroissant, et nous n'avons pas le moyen de perdre beaucoup d'hommes dans les casernes, quand nous pouvons faire autrement, et on le pourra quand on le voudra. Pour cela on ne peut objecter la dépense, puisqu'à surface logeable égale une caserne du nouveau système coûte 300,000 francs de moins par régiment que celles de l'ancien système. On a bien essayé comme je vous l'ai dit de prouver le contraire à l'aide d'erreurs de calculs : mais l'économie résulte de ce fait que je n'emploie que 3 mètres cubes de matériaux pour loger un homme, au lieu de 8 mètres.

Toutes les casernes sont malsaines et le plus grand nombre d'entre elles peuvent être considérées, au point de vue des épidémies et du nombre de leurs victimes, comme de véritables engins de destruction. On discute toujours quand il faudrait agir et on croit avoir fait tout le possible quand on a, à force de rapports, de visites, de commissions le plus souvent contradictoires, réparé les latrines ou fait un blanchiment superficiel des murs. C'est le bloc tout entier qu'il faut assainir en y faisant pénétrer l'air et la lumière.

Depuis dix ans la France a perdu 40,000 hommes dans les casernes. La fièvre typhoïde à elle seule en a tué plus de 12,000. Plus de 60,000 jeunes gens entrés bien portants au service militaire ont été rayés des contrôles pour maladies ou infirmités, et ce sont ceux-là surtout qui vont porter dans leurs familles les germes de maladies qu'ils ont contractés dans la caserne.

On est malade et on meurt partout, mais j'ai la conviction profonde que la moitié au moins de ces pertes aurait pu être évitée si, dès

1872, on se fût décidé à accomplir, dans les logements militaires, les réformes radicales que j'ai proposées.

Principes à observer dans l'établissement des casernements militaires.

Pour l'établissement des logements collectifs et particulièrement des casernes, il y a trois choses essentielles à observer :

1° *L'emplacement* qui donne la qualité de l'aération générale ;

2° *Le mode de construction et de répartition* des constructions, sur une surface de terrain choisi, qui détermine l'importance de la densité des masses logées et la ventilation des salles ;

3° *L'installation* des accessoires destinés à assurer la propreté des logements.

Les nouvelles casernes anglaises réalisent, dans une certaine mesure, le principe de la dissémination ; mais le système de construction très varié dans sa forme extérieure, coûte fort cher et ne donne qu'un cubage d'air de 18 mètres encore insuffisant et se renouvelant moins par la forme des salles que par des procédés compliqués de ventilation.

Les progrès faits depuis vingt ans dans la science de l'hygiène montrent qu'il ne faut plus calculer la ration d'air dans les salles collectives, seulement sur la dose d'acide carbonique produite par la respiration, mais bien sur la production du miasme humain, cause principale d'infection, 25 mètres cubes d'air par cavalier doivent être considérés comme un minimum.

Les casernements anglais comportent en outre trop de matériaux inflammables et poreux. La pullulation des parasites et les cas si nombreux d'incendies dans les casernes font une obligation de l'emploi de matériaux incombustibles et résistants à la dent des rongeurs.

En résumé, le type d'un casernement salubre, économique et répondant aux besoins de la nouvelle armée française était à créer sur les bases les plus larges ; son véritable luxe devait consister dans l'ampleur des espaces superficiels et des rations d'air, dans la bonne exposition et dans la régularité de la ventilation des salles.

Dès 1872 j'ai formulé les principes suivants comme devant conduire au but à atteindre.

1 Emplacement des quartiers à proximité des villes, mais à l'air pur de la campagne, sur un terrain dominant, convenablement orienté d'après les climats et perméable ou facile à drainer. L'eau potable doit pouvoir être fournie à raison de 100 litres au moins par tête et par jour.

Dans la surface du terrain à occuper on doit prévoir un chemin de ceinture extérieur.

2° Réduire la densité des masses casernées par le fractionnement et la dissémination des logements sur une surface de terrain d'au moins 50 mètres carrés par tête.

3° Installer les logements par petits blocs de bâtiments, ne logeant que 70 hommes au plus (une compagnie d'infanterie, un demi-escadron de cavalerie, une demi-batterie d'artillerie).

Réduire à cent au plus le nombre des chevaux par écurie et à quatre au plus les rangs d'animaux, en évitant leur contact immédiat par la tête.

4° Espacer les bâtiments entre eux d'une longueur égale à une fois et demie au moins leur hauteur.

5° Éviter absolument la superposition des dortoirs, car l'expérience a démontré que le méphitisme s'élève des étages inférieurs aux étages supérieurs et y augmente la morbidité. La superposition augmente dans des proportions dangereuses la densité absolue des masses casernées; elle rend d'ailleurs les nettoyages difficiles; il faut balayer par les escaliers et de marche en marche les malpropretés et la boue transportées par les hommes, les poussières s'introduisent dans les parquets et il est impossible de faire des lavages, car les liquides s'infiltrent dans les planchers et dans les murailles inférieures, entraînant avec eux les matières organiques qui s'y accumulent et rendent les générations successives tributaires des causes d'infections apportées par leurs devancières.

La suppression des étages a pour corollaire celle des escaliers dont l'ascension est fatiguante et l'entretien coûteux. Un étage de 5 mètres à monter équivaut, en travail mécanique, à un parcours horizontal de 60 mètres et en réalité la fatigue qui résulte de parcours verticaux multipliés est de beaucoup supérieure à l'équivalence des formules mathématiques.

6° Séparer complètement des logements les services accessoires (écuries, cuisines, infirmerie, etc.) qui peuvent produire des émanations nuisibles à la salubrité. Séparer également des écuries, les selleries et magasins à fourrages.

Les bâtiments destinés à loger les accessoires doivent cependant être placés à proximité des logements ou écuries qu'ils desservent.

7° L'orientation des logements et écuries doit être uniforme et choisie de telle sorte que le soleil visite successivement toutes leurs faces et surtout les longs pans. L'uniformité de l'orientation des bâtiments détermine leur parallélisme. Dans les climats chauds, il est bon de placer une verandah le long de la façade la plus exposée à l'irradiation solaire.

8° Combiner la forme architecturale et le mode de construction qui favorise le mieux la ventilation naturelle et donne en outre la plus grande capacité intérieure, élément de salubrité, pour le minimum de cube de matériaux recéleurs de miasmes et de surfaces enveloppantes susceptibles de s'infecter.

Porter au maximum les surfaces extérieures ou d'aération et réduire au minimum les surfaces internes ou d'absorption. Arrondir les angles intérieurs, supprimer les tirants, les charpentes saillantes, employer de préférence des matériaux hydrofuges, incombustibles, imputrescibles, très résistants sous un petit volume[1].

L'expérience a démontré que dans les climats tempérés un mur en briques de 0^{m}, 15 à 0^{m},25 est suffisant comme écran thermique. Si, à défaut de briques on emploie la pierre, il faut doubler les épaisseurs, attendu que le pouvoir conducteur de la pierre est double de celui des terres cuites.

Pour les pays chauds, au lieu d'une surépaisseur de matériaux poreux, il est préférable d'employer comme écran thermique des matelas d'air, à la condition que ces derniers seront enveloppés par des murs creux à parois lisses et disposés comme les coffres de cheminées pour être purifiés à volonté par flambage.

Supprimer les plafonds horizontaux qui forment le principal obstacle à la ventilation naturelle et réduisent les rations d'air.

Au lieu de placer sur la partie centrale de la toiture un lanterneau

1. Le système Tollet a été spécialement étudié et combiné pour satisfaire à ces conditions.

d'aération, coûteux à établir et d'un usage incommode, employer des dispositions architecturales plus simples pour y suppléer (forme ogivale).

Disposer les parois intérieures des salles de façon à éviter la pullulation des parasites et à faciliter leur purification par grands lavages et même par flambages. — Mettre des lavabos à la portée des chambrées et assurer l'écoulement des eaux à l'extérieur.

Disposer les salles sur des planchers en fer, des voûtes ou des massifs composés de matériaux hydrofuges et réfractaires à la dent des rongeurs.

9° Diviser les logements en salles de jour (cantines, réfectoires à côté des cuisines, salles d'études, de réunion et d'exercices, à raison de 2 mètres au moins par homme) et en dortoirs donnant au moins par tête 4 mètres de surface et 25 mètres cubes d'air.

Les salles collectives doivent avoir au moins deux faces opposées AC, BD d'éclairement et d'aération extérieure.

La longueur de ces deux faces doit être au moins triple de celle des refends transversaux AB, CD (surfaces d'absorption).

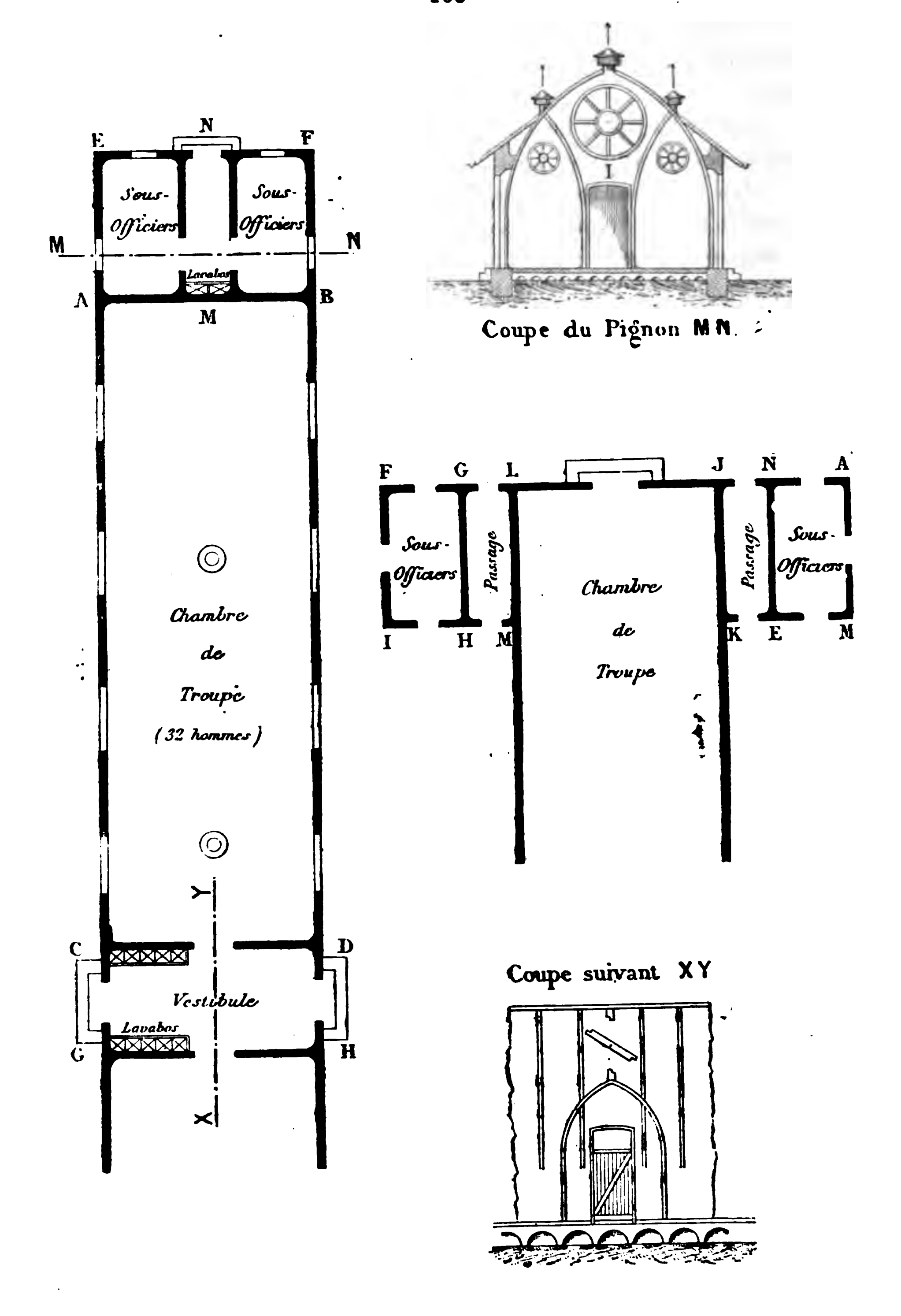
Cette prescription supprime implicitement les refends et corridors intérieurs longitudinaux. Quant aux corridors transversaux ils ne doivent être employés que comme vestibules CD, GH et ouvrir intérieurement. Ils doivent dégager la ventilation longitudinale (voir la disposition ci-contre, page 166).

Si les chambres particulières des sous-officiers AEMN, FBMN, sont placées au bout des salles collectives, la cloison MN doit se bifurquer à 2^{m},50 de hauteur pour dégager une large baie I de pignon afin de permettre à la ventilation naturelle de s'exercer aussi bien dans le sens longitudinal que dans le sens transversal du bâtiment et de permettre d'y pratiquer des chasses d'air, en l'absence des occupants.

Si on préférait, pour dégager les pignons, placer les salles particulières AMNE, FGHI sur les côtés et en appentis par rapport à la salle collective, il faudrait réserver des passages GHLM, JKEN ouverts aux deux bouts pour ne pas intercepter l'aération aux angles M, K.

Il y a lieu d'observer, d'ailleurs, qu'avec des bâtiments peu élevés l'air risque moins de demeurer stagnant aux angles intérieurs qu'avec des bâtiments à étages multiples.

Les surfaces d'éclairement doivent être calculées à raison de 1/20 au



Coupe du Pignon MN.

Coupe suivant XY

moins de la surface des salles. Pour les salles d'études on augmentera ces surfaces d'un tiers au moyen de vitrages *placés dans la partie nord* du toit.

Nota : Les dispositions architecturales ayant pour but d'assurer la ventilation naturelle dans les logements et de permettre la pratique des chasses d'air sont *a fortiori* applicables aux écuries ; car le cheval de guerre est destiné à vivre en plein air et il est imprudent de le claquemurer en temps de paix.

Les incendies et les épidémies qui se produisent souvent dans des proportions désastreuses dans les écuries, font une obligation d'employer dans leur construction des matériaux imputrescibles et incombustibles, très résistants sous un petit volume.

10° Les dortoirs doivent être munis de larges cheminées, dans lesquelles on n'allumera du feu que pendant quelques instants et avant le coucher des hommes lors des temps très froids et pluvieux.

11° Les salles de jour pourront être chauffées au moyen de calorifères, à la condition que ces appareils comporteront toutes les dispositions usitées pour conserver à l'air chaud ses qualités normales. Ils prendront l'air à l'extérieur, loin de toute cause de viciation, ils auront une capacité suffisante pour renouveler l'air intérieur, à raison de 60 mètres par tête et par heure à une température moyenne et régulière de 10 degrés. La température de l'air affluent par les bouches de chaleur ne dépassera pas 50 degrés.

Les orifices d'évacuation d'air vicié seront placés au faîtage, dans la partie la plus éloignée de la tête des hommes et toutes les dispositions nécessaires seront prises pour assurer dans les dortoirs une ventilation de nuit régulière, qui est la plus utile et généralement la plus négligée.

Les salles seront précédées d'un large vestibule pour éviter la projection directe de l'air froid aux entrées successives des occupants.

Une partie des salles sera munie de larges cheminées pour former au besoin des salles de séchage, car il importe que le soldat en rentrant mouillé ou crotté des exercices ou des corvées extérieures, ne pénètre dans les réfectoires, salles d'études, de réunions ou dortoirs, qu'après s'être séché et nettoyé.

12° L'infirmerie régimentaire sera placée à une distance d'au moins

40 mètres des logements les plus rapprochés et de façon à ce que ces derniers soient le moins possible sous son influence atmosphérique par rapport aux vents dominants. Elle sera disposée pour former un petit hôpital de traitement et elle comportera notamment des salles d'isolement pour les contagieux.

Même programme pour l'infirmerie vétérinaire.

13° Il y aura au moins deux pavillons de rechange ou deux ambulances en magasin en cas d'épidémie. Ces ambulances devront pouvoir se monter, se démonter et se lessiver facilement dans toutes leurs parties.

Leurs matériaux constitutifs devront être à libre dilatation.

14° Des logements fixes ou mobiles seront prévus pour les réservistes. Pour ce dernier cas, on réservera les espaces nécessaires dans l'enceinte du casernement.

On mettra à la disposition du soldat, des lavabos, des bains douches-tièdes pour aspersion, un lavoir avec séchoir et une piscine de natation.

15° Les casernes et leurs abords seront maintenus constamment en état de propreté.

Les latrines et urinoirs seront surtout l'objet d'un entretien tout particulier; on les éloignera le plus possible des cuisines et réfectoires; elles seront pouvues de récipients mobiles contenant des matières absorbantes ou désinfectantes, dont l'enlèvement se fera au moins tous les trois jours. Dans le cas où l'utilisation agricole de ces matières ne pourrait se faire au fur et à mesure de leur production, on les placerait au loin sous des abris.

Si la nature des terrains voisins et la disposition des localités se prête à la pratique du sewage on pourra évacuer par un égout les matières excrémentielles suffisamment diluées; mais à la condition expresse que la capacité absorbante des terrains disponibles sera au moins du double de la quantité des eaux d'égouts à évacuer et cela afin d'éviter la stagnation des matières et les émanations aériennes ou l'infection des sources, dans tous les cas on prendra les dispositions nécessaires pour ne pas faire l'épendage des eaux pendant les gelés, et pour ne fournir aux agriculteurs que les eaux dont ils auront besoin.

En supposant que la couche de terrain perméable ait une épaisseur moyenne de 2 mètres, il faudrait pouvoir disposer d'une surface de

terrain d'au moins 2 ares par mètre cube d'eau d'égout à absorber par jour, ce qui correspond à peu près à une surface irriguable égale à celle qui est occupée par le casernement.

Dans l'étude de cette combinaison l'intérêt sanitaire devra toujours primer celui de l'utilisation agricole.

16° Le pourtour de tous les bâtiments et surtout des latrines sera imperméabilisé, soit par des aires en bitume, soit mieux encore par des dalles ou pavés rejointoyés en bitume.

17° Une cour centrale d'une surface d'au moins 20,000 mètres sera réservée pour les exercices, elle sera proprement sablée et purgée de toutes eaux stagnantes.

Tous les espaces libres entre les divers bâtiments seront semés de pelouses, plantés d'arbres et d'arbustes rustiques de façon à former des jardins et squares d'un entretien facile.

Les latrines et cuisines seront masquées par des arbustes.

Les arbres et arbustes iront en décroissant de hauteur en se rapprochant des bâtiments, et ils seront assez distancés pour ne pas intercepter l'aération générale et ne pas trop ombrager les bâtiments.

Rapport *à l'Académie de Médecine, de M. le docteur* Hillaret, *médecin de Saint-Louis, vice-président du conseil de salubrité.*

« Donner à l'armée, dans des constructions en pleine campagne (camps permanents), comme à proximité des villes (casernements) des logements incombustibles plus commodes, plus salubres et plus économiques que les casernes actuelles, » tel est le problème posé par M. Tollet et qu'il me paraît avoir complètement résolu.

« Lorsque j'ai visité les pavillons du casernement de Bourges, il pleuvait, c'était un jour de fête et presque tous les hommes étaient dans les chambrées, livrés à des occupations diverses. Ma surprise a été grande, je l'avoue, de ne sentir en entrant aucune odeur; on respirait librement sous ces ogives, dont le coffrage élevé n'est encombré d'aucune charpente, comme dans les baraques polygonales des autres camps permanents. Les soldats eux-mêmes parlaient du bien être qu'ils y éprouvaient et disaient, sans y être provoqués, combien

ils préféraient le séjour de ces pavillons à celui des casernes qu'ils avaient habitées.

« Il en était autrement dans les baraques polygonales construites parallèlement aux pavillons Tollet, dans le même casernement, quoique l'odeur n'y fût pas, il s'en fallait de beaucoup, aussi désagréable que dans les casernes, même les plus modernes, que j'aie parcourues, elle était néanmoins désagréable et la respiration y semblait moins facile, en raison du peu d'élévation du faîtage, qui est encombré et écrasé de charpentes. » Afin de donner plus de valeur à mon appréciation, je ne puis mieux faire que de transcrire ici l'opinion du savant médecin principal attaché à l'état-major du 8e corps, M. le docteur Sarrazin, dont on connaît la haute compétence. Voici ce qu'il m'écrivait il y a peu de temps.

« Malgré l'absence de la démonstration mathématique que vous me demandez, je suis très partisan des pavillons Tollet, et j'ai demandé que ce système soit adopté pour l'hôpital militaire qu'on doit construire ici. Ils me semblent, en effet, réaliser toutes les conditions hygiéniques désirables, et les hommes que j'ai souvent interrogés, préfèrent le casernement Tollet aux anciennes baraques et aux grandes casernes. »

M. le docteur Sarrazin, écrivait cela en 1874, mais depuis lors les statistiques officielles ont donné la démonstration mathématique dont il parle, et si en 1881, les résultats ont été moins satisfaisants que pendant les années antérieures, cela tient à ce que l'on a complètement négligé l'entretien de l'assiette générale.

Société de médecine publique et d'hygiène professionnelle, commission du casernement, M. Émile Trélat, *professeur au Conservatoire, rapporteur.*

1er *Rapport.* « Les corps de logis des casernes régimentaires construites sur le type de 1874, comportent des dispositions menaçantes pour l'état sanitaire des casernements ; il est urgent de changer cet état de choses et les projets présentés par M. Tollet, paraissent con-

stituer une amélioration hygiénique des mieux appropriées aux casernes existantes.

2° *Rapport.* « Votre commission s'est transportée à Bourges, le samedi 7 juin, elle y a passé la journée du dimanche qu'elle a consacrée à un examen complet : 1° d'une caserne de l'ancien système ; 2° de deux quartiers régimentaires composant la 8° brigade d'artillerie construits sur les types de M. Tollet.

Conclusions. « Les casernements de la 8° brigade d'artillerie sont des établissements, qui présentent des conditions de salubrité tout à fait inconnues en France jusqu'à présent. »

Extrait *d'un rapport du général* Tripier, *ancien président du comité des fortifications* (26 avril 1874).

Quant aux écuries-gares si bonnes et si estimées, le système Tollet leur rend l'existence, on ne peut continuer les écuries-docks sans se compromettre.

Extrait ***des conclusions d'un rapport sur le casernement, votées à l'unanimité par le Sénat, dans sa séance du 6 décembre 1879.***

« Dans sa séance du 16 février 1877, M. le docteur Marmottan, trouva dans l'exposé du système de M. Tollet, les arguments concluants qui déterminèrent la Chambre des députés à voter la loi sur le nouveau service hospitalier. M. le docteur Larrey, médecin inspecteur, conclut devant l'Académie des Sciences, à l'adoption du système dont la Société de Médecine publique de Paris, par l'organe d'une commission spéciale, réclame à son tour, mais en vain l'application.

. . . .

« Nos désastres ont imposé à toutes les familles le devoir sacré de donner leurs enfants à la patrie ; ce sacrifice crée au gouvernement

et à nous-mêmes des devoirs impérieux. C'est ici que toute routine doit fléchir, que tout préjugé doit disparaître.

1° « Les premières casernes devront être bâties d'après le nouveau type.

2° « Les casernes anciennes reconnues défectueuses devront être modifiées dans leurs dispositions intérieures.

3° « Le système Tollet devra être appliqué à la construction d'hôpitaux et d'ambulances militaires. » (Voir l'*Officiel* du 4 octobre 1879, n° 272.)

Mémoire *sur la construction des casernes par* M. Franz Kruber, *professeur à l'école du génie de Vienne, chargé par son gouvernement de l'étude des casernes à construire en Autriche-Hongrie.*

« Je dois poser une question aux architectes ainsi qu'aux ingénieurs. Ne serait-il pas possible d'inventer une construction qui permît d'établir des logements adaptés aux besoins des masses, c'est-à-dire satisfaisant sans élévation de prix, aussi complètement que possible à toutes les exigences de l'hygiène? Elle devrait consister en des bâtiments à rez-de-chaussée dont le bois soit exclus le plus possible sans préjudice pour le maximum de solidité réalisable.

« C'est à l'ingénieur français Tollet, que revient le mérite d'avoir le premier résolu d'une façon extrêmement simple la série des problèmes soulevés. »

Ces conclusions résument les appréciations unanimes faites par les délégués étrangers qui ont visité les casernes et l'hôpital militaire de Bourges. MM. les docteurs Marchal et Keraval, chargés de l'étude du beau travail de M. l'ingénieur militaire Gruber, ajoutent : « Pour lui, le système Tollet est le seul qui pare aux nécessités hygiéniques dont toute nation doit énergiquement revendiquer la prise en considération. Approprier le système aux exigences du milieu tout en ménageant les intérêts de notre compatriote tel est désormais le but. »

Extrait *du rapport présenté au conseil Académique de Montpellier, le* 29 *novembre* 1880, *par* J. Benoit, *doyen de la Faculté de médecine.*

« L'hôpital de Bourges présente douze pavillons et les bâtiments des services généraux, élevés, suivant le système Tollet que nous connaissons tous.

Ce système arrondit tous les angles rentrants, supprime toutes les charpentes saillantes et enduit les parois des substances imperméables.

« Il permet l'isolement des groupes de malades, il neutralise ou atténue les effets des rayonnements infectieux, il donne des salles de rechange et surtout une aération surabondante, éminemment salutaire.

« On ne peut donc s'étonner des résultats admirables que l'hôpital de Bourges inscrit dans sa statistique médicale. Il faut lire dans les rapports officiels de M. Dauvé, le signalement des services rendus par les pavillons séparés pendant la grave épidémie de fièvre typhoïde qui sévit dans le camp d'Avord et sur les troupes d'infanterie logées dans les anciennes casernes de Bourges. »

Nota. On sait que la 8e brigade d'artillerie a continué d'être exempte de ces épidémies et que les seules troupes atteintes étaient celles logées dans les anciennes casernes, soit 1,000 hommes sur 6,000 hommes.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'AOUT 1882

Séance du 4 Août 1882.

Présidence de M. Émile Trélat.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 21 juillet est adopté.

M. le Président a la douleur de faire part du décès de MM. Mesdach et Pichaud.

M. le Président annonce que M. Olivier (Achille) a été nommé chevalier de la Légion d'honneur, M. Bouvret, chevalier de la Couronne d'Italie et M. Dumont (Georges), officier de l'Instruction publique.

M. Piarron de Mondésir demande à présenter quelques observations au sujet de la communication de M. Quéruel.

Dans la séance du 28 avril 1882, M. Quéruel a exposé des considérations expérimentales, sur la thermodynamique, d'où il conclut que *l'équivalent mécanique de la chaleur n'a pas une valeur constante.*

Dans cette même séance, M. Armengaud jeune a protesté le premier contre une telle conclusion.

M. Brüll, l'un des vice-présidents de la Société, a protesté dans le même sens le 19 mai suivant.

M. Quéruel a cru devoir prendre la parole, dans la séance du 21 juillet dernier, pour réfuter MM. Armengaud et Brüll. Il a persisté dans sa première conclusion en ce qui concerne l'équivalent mécanique de la chaleur.

Vous savez, messieurs, que je me suis beaucoup occupé de thermodynamique. C'est à ce titre que je prends la liberté de protester à mon tour

contre l'opinion que M. Quéruel a émise à deux reprises différentes dans cette enceinte.

La mécanique rationnelle est encore dans l'enfance, tandis que la mécanique appliquée est en très grand progrès, comme l'attestent ses magnifiques conquêtes dans le domaine de la lumière, et surtout dans celui de l'électricité.

Ceci est triste à dire; mais c'est l'exacte vérité.

L'Expérience a, dans ce moment, une avance énorme sur la Théorie.

Toutefois la mécanique rationnelle possède déjà quelques principes, quelques points de repère, qui lui permettront sans doute dans l'avenir d'expliquer certaines applications, qui nous apparaissent aujourd'hui comme des sphinx, et que nous admirons sans les comprendre.

On dirait que l'Expérience, profitant de ses avantages, a entrepris de renverser successivement les principaux repères de la Théorie.

Nous avons vu, dans ces dernières années, celui qu'on avait surnommé le prince de l'expérience, mettre en suspicion la loi de Mariotte.

Personne n'a songé à contester l'exactitude et la sincérité des expériences de Regnault. Mais il est permis de dire, que si ces belles expériences étaient interprétées rationnellement, leurs résultats viendraient confirmer la loi théorique, au lieu de l'infirmer.

Aujourd'hui, voici un de nos collègues, ami de la science expérimentale, qui vient nous exposer les résultats qu'il a obtenus, et qui en déduit des conséquences qui ne tendraient à rien moins qu'à détruire le principe qui sert de base à la thermodynamique.

Je ne mets point en doute la sincérité de notre honorable collègue, mais je me permettrai de lui poser ce dilemme :

Ou bien, vos expériences n'ont pas toute l'exactitude voulue, et alors la discordance dans les résultats n'a rien de surprenant;

Ou bien, si vos expériences sont exactes, c'est qu'elles n'ont pas été interprétées rationnellement.

Il est donné lecture de la dépêche suivante adressée par M. Armengaud jeune :

« Je lis seulement ici la dernière communication de M. Quéruel. Malgré son ingénieuse argumentation elle ne détruit nullement la logique réfutation de M. Brüll. M. Quéruel, que je remercie pour sa courtoisie et dont j'affirme les recherches expérimentales, essaie en vain d'établir une contradiction entre la note Brüll et ce que j'ai écrit sur les applications thermodynamiques. L'accord reste complet entre M. Brüll et moi sur toutes ces importantes questions; s'il le veut, j'espère en convaincre l'honorable M. Quéruel.

« Veuillez agréer, etc.

« Armengaud jeune. »

Il est donné lecture de la lettre suivante de M. Leloutre.

Monsieur le Président,

Au sujet du procès-verbal de la séance du 21 juillet 1882, j'ai l'honneur de vous prier de vouloir bien m'autoriser à intervenir dans une discussion, renouvelée plusieurs fois par M. Quéruel depuis quelques années.

M. Quéruel se plaît, dans plusieurs de ses communications, à citer, plus ou moins exactement, mes Recherches expérimentales sur le machines à vapeur que j'ai publiées il y a huit ou neuf ans, et en particulier une analyse très rapide sur le même sujet, insérée dans les Bulletins de la Société au mois d'octobre 1878.

Jusqu'ici je n'ai jamais voulu répondre à M. Quéruel, imitant en cela le parti pris de plusieurs de mes collègues. Ce qui aujourd'hui me fait sortir de la réserve que je m'étais imposée, c'est la phrase suivante que je trouve à la page 384 du procès-verbal de la séance du 21 juillet 1882, et qui ne m'est parvenue que hier soir très tard.

« Quant au renvoi aux communications de M. Leloutre sur l'analyse du « fonctionnement des machines à vapeur, j'ai tout lieu d'être surpris de ce « renvoi, car, après une séance et plus d'une heure au tableau, M. Leloutre « formulait la conclusion de ses raisonnements mathématiques par une « unique équation à deux inconnues, c'est-à-dire par un problème inso- « luble. C'est M. Brüll lui-même qui en a fait la remarque et demandé la « solution en séance, solution encore en souffrance. »

Du rapprochement de ce texte guillemeté avec les paroles prononcées par M. Brüll, dans la séance du 18 octobre 1878, il résulte tout au contraire :

1° Que M. Brüll ne m'a demandé aucune solution ;

2° Que M. Brüll demandait un contrôle expérimental de mes calculs.

Ce contrôle, je n'avais pas à le développer, il est connu depuis fort longtemps ; il est renfermé dans l'équation suivante que j'ai utilisée dans mes recherches antérieures :

$$(M' - M)(\theta_n - \theta_0) = (M - n)(\lambda - \theta_n) + n(q_0 - \theta_n) - AF_1 .$$

Telle est l'équation de contrôle connue qui relie la quantité de chaleur fournie par la chaudière, à celle qui est recueillie dans le condenseur ; on peut en établir d'autres. J'ajouterai que cette équation exige quelques corrections.

Cette équation me fournit l'occasion de dire à M. Quéruel qu'elle comprend non seulement la chaleur consommée par le travail indiqué pendant la détente, mais encore celle *qui est anéantie par le travail fourni pendant l'admission;* négliger cette dernière partie de chaleur consommée, c'est fausser complètement l'équation ci-dessus; c'est là une grosse hérésie que M. Quéruel introduit dans ses considérations sur la thermodynamique. — J'irai même plus loin : si, ainsi que l'affirme M. Quéruel, ses expériences

de machines à vapeur étaient vérifiées par l'équation de contrôle plus haut, ou par toute autre analogue, en négligeant la chaleur anéantie pendant la période d'admission, je condamnerais, sans autre examen préalable, tout l'ensemble de ses expériences et les conclusions qu'il lui plairait d'en tirer, et je suis sûr que tous les ingénieurs qui se sont occupés sérieusement de l'application de la thermodynamique aux moteurs à vapeur, m'approuveraient hautement.

Que M. Quéruel me permette d'ajouter que la mise en équation de deux inconnues n'est pas toujours chose facile, surtout quand il s'agit d'analyser un ensemble de phénomènes aussi compliqués que ceux qui se présentent dans les cylindres des machines à vapeur. Il existe des équations de ce genre dont les mathématiciens ont su tirer grand parti. Si, par exemple, par des considérations particulières, prises en dehors des données d'un problème, on parvient à fixer deux limites pour l'une des inconnues, les deux inconnues sont déterminées avec un degré d'approximation qu'il est possible de discuter, et, quand une solution rigoureuse est impossible, on se contente d'une solution approchée.

Je ne suivrai pas M. Quéruel dans ses autres considérations sur la thermodynamique. Si, à la lecture des procès-verbaux des séances, j'ai bien compris les discussions qui ont eu lieu, il me semble que la Société des ingénieurs civils a voulu clairement faire ressortir qu'elle n'est pas une Académie dans laquelle on fait des cours pour faciliter l'intelligence de telle ou telle science de l'art de l'ingénieur, et qu'elle ne saurait accepter le rôle assez singulier, qui consisterait à défendre les principes sur lesquels repose la théorie mécanique de la chaleur. Elle discute les travaux qui lui sont soumis, si ces travaux offrent des bases sérieuses de discussion.

J'ai l'honneur de vous prier, monsieur le président, de vouloir bien faire insérer cette réponse à M. Quéruel dans le procès-verbal de la séance d'aujourd'hui et d'agréer l'expression de mes sentiments respectueux.

LELOUTRE.

M. QUÉRUEL. En réponse à la lettre de M. Leloutre, je me bornerai à en signaler la forme quelque peu blessante, forme qui établit un véritable contraste avec celles très courtoises de la dépêche de M. Armengaud jeune, et de la note de M. Piarron de Montdésir. M. Leloutre, profitant d'une omission du procès-verbal de la séance du 18 octobre 1878, semble oublier l'équation à deux inconnues qui a été la conclusion de ses raisonnements mathématiques et à la suite de laquelle M. Brüll lui a fait quelques observations sur la solution du problème. Le souvenir de ce fait est bien présent à ma mémoire et s'il n'eût pas été vrai, M. Brüll, assistant à la lecture de la lettre de M. Leloutre, n'eût pas manqué de signaler l'inexactitude de la citation.

Aux observations expérimentales que j'ai présentées, M. Leloutre n'oppose que des raisonnements théoriques n'ayant, en l'espèce, aucune valeur

comparative d'observations semblables à leur opposer. La question n'a donc point fait un pas.

Les complications dont on s'efforce d'obscurcir la théorie de la machine à vapeur ne sont pas aussi grandes qu'on le prétend. J'ai horreur du compliqué; je recherche les solutions simples; je considère que la simplicité des moyens, les voies les plus courtes sont toujours préférables; et c'est ainsi que je suis parvenu à déterminer, avec une précision suffisante, les conditions générales du fonctionnement de la machine à vapeur.

Si M. Leloutre eût produit quelques résultats d'expérience sur machines à vapeur, desquelles résulterait un équivalent dynamique de la chaleur bien constaté et incontestable; sa lettre n'eût-elle pas eu un caractère d'utilité plus grande que de présenter une formule algébrique, reconnue incomplète et incorrecte par son auteur; document encombrant tout à fait inutile en la circonstance?

Je ne suis pas demeuré inactif pour me procurer des renseignements sur ce point capital de l'équivalent dynamique dans les machines à vapeur; j'ai écrit en Alsace, en Allemagne, mais je n'ai pu obtenir les documents nécessaires pour contrôler la calorimétrie d'expériences publiées par la Société industrielle de Mulhouse et par les ingénieurs de Munich. On a tenu au secret, sans énoncer les motifs, ces éléments intéressants à connaître, et je profite de l'occasion pour faire appel aux ingénieurs qui auraient en leur possession des documents complets de cette nature de vouloir bien me les adresser.

En ce qui concerne la dépêche de M. Armengaud jeune, j'ai cru, avec nombre de nos Collègues, que M. Armengaud distinguait, pour la chaleur engendrée, entre la partie rectangulaire du diagramme et la partie curviligne représentant exclusivement la compression et réservant à cette dernière période l'équivalent, dynamique de la chaleur : c'est une opinion que je partage pleinement. Et cependant, en lisant le paragraphe de son dire dans la séance du 28 avril dernier, page 458, on pourrait croire que M. Armengaud, combattait en moi l'opinion contraire, opinion que je n'avais pas, je le répète; mais qui est celle de mes contradicteurs; il y a une équivoque qu'il est nécessaire de dissiper, en mettant en regard ce qui a été dit dans cette séance.

Dire de M. Quéruel.

Ainsi que nous l'avons vu plus haut, MM. Zeuner et Hirn sont d'avis de comprendre dans l'équivalent tout le diagramme. Malgré l'autorité de ces savants, M. Quéruel ne pouvait par logique, se ranger à leur avis. « Tant que la compression s'exerce, » dit-il, « le travail externe devient interne et alors la chaleur doit se manifester; mais lorsque la période de compression cesse et que celle de l'écoulement succède, le travail externe, passant par interne, redevient externe par l'intermédiaire du gaz comprimé qui n'est autre qu'un transmetteur, comme l'eau dans les transmissions hydrau-

liques et le fer dans les transmissions mécaniques. Il y a plus de modification de volume, et conséquemment point de production de chaleur. »

Dire de M. Armengaud jeune.

Lorsqu'on comprime une masse d'air, et qu'on la refoule ensuite dans un réservoir, il n'est pas exact de dire que l'on compte la période de refoulement comme donnant lieu à un dégagement de chaleur. Il n'y a de chaleur dégagée que lorsqu'il y a du travail absorbé, c'est-à-dire pendant la compression ou la réduction du volume de la masse d'air. Lorsqu'on pousse cette masse d'air pour la refouler dans un réservoir, elle est en effet comme une masse d'eau imcompressible qu'on aurait à déplacer : par conséquent, il y a simplement transport, il n'y a pas transformation ou absorption de travail, et par suite pas dégagement de chaleur. Comme on le voit, l'opinion de M. Armengaud et la mienne sont identiques sur la distinction des deux phases du diagramme.

Quant au dilemme présenté par M. Piarron de Montdésir, ma réponse consiste dans le rappel des valeurs numériques que j'ai mises en tableau (page 455, Bulletin d'avril 1882), dont une partie sont mes observations propres et l'autre partie extraite des observations de M. Walther Meunier (Rapport à la Société industrielle de Mulhouse sur une machine construite par la Société de Pantin, à Paris, Bibliothèque des ingénieurs civils). L'identité des résultats est presque complète.

En résumé, aucune observation expérimentale n'est venue, jusqu'à ce jour, infirmer celles que j'ai produites et que je maintiens jusqu'à démonstration d'erreur.

M. Verdeaux a la parole pour la communication sur l'avenir industriel dans la Russie méridionale.

M. Verdeaux appelle l'attention sur les richesses minérales qui viennent d'être découvertes dans la Russie méridionale, notamment sur les gisements de minerais de fer de Krivoï-Rog (gouvernement de Kherson).

Après avoir fait connaître le caractère des populations Petit'-Russiennes, il décrit l'aspect général du pays, les ressources que l'on y rencontre, ainsi que la situation actuelle des paysans russes.

Il s'arrête plus particulièrement au village de Krivoï-Rog, localitée placée au point de jonction de deux rivières, l'Ingouletz et le Saksagan.

A droite et à gauche des deux vallées formées par ces cours d'eau, de nombreux ravins viennent déboucher dans le thalweg.

M. Verdeaux explique que c'est grâce à ces déchirures, produites par les eaux de pluies, que les divers gisements de minerais de fer, d'ardoises et autres ont pu être relevés. Il fait ensuite sommairement la description géologique des environs de Krivoï-Rog, signale les principaux affleurements, donne une idée de la stratification des couches, et démontre leur exploitation facile. Il dit encore que, bien que la nature des gisements

n'ait été déterminée que récemment, leur existence était cependant connue depuis longtemps. A la fin du siècle dernier des recherches avaient été faites par ordre du général Potemkine, gouverneur d'Ekaterinoslaw; ce sont ces études qui ont servi de base aux missions des ingénieurs des mines, qui furent plus tard envoyés à Krivoï-Rog par l'Administration centrale.

Les circonstances dans lesquelles s'est trouvé le pays n'avaient pas permis de tirer parti plus tôt de ces découvertes, mais tout le monde attachait une grande importance à leur mise en exploitation. On s'intéressait beaucoup à cette question. C'est ainsi que quelques Russes, faisant preuve d'initiative, parvinrent à former, en 1880, la Société des minerais de fer de Krivoï-Rog.

M. Verdeaux fait connaître que l'exploitation de Krivoï-Rog paraît devoir amener, dans un avenir peu éloigné, l'installation d'usines et de hauts fourneaux destinés à fournir aux besoins de l'État et de l'industrie privée.

Passant ensuite à l'énumération des avantages que le pays retirera de la création des usines, il signale tout d'abord la situation peu favorable de l'industrie métallurgique en Russie, fait remarquer que le pays, très riche en matières métallifères, ne peut cependant suffire à ses besoins et est obligé de demander à la Suède et à l'Angleterre plus du tiers des métaux qu'il emploie; cela tient à ce que les usines où sont utilisés les minerais de l'Oural ne brûlent que du charbon de bois, la houille manquant totalement dans le nord de la Russie, et que par suite la production se trouve limitée.

La proximité des houillères du Donetz viendra fort à propos, en ce qui concerne Krivoï-Rog, combler cette lacune, et il est à prévoir qu'après les premières années d'exploitation, la Russie se trouvera en mesure, par l'amélioration considérable qui en résultera dans le régime économique du pays, de diminuer l'importation des matières métalliques tout en donnant un plus grand développement à l'industrie du fer.

Ce développement est absolument nécessaire dans la partie méridionale de l'Empire où le matériel des chemins de fer ne suffit pas, en l'état, à l'écoulement des produits du pays, et où les outils mécaniques, si nécessaires aujourd'hui aux populations agricoles, manquent totalement. Il en est de même pour le matériel de la flotte de la mer Noire, dont le renouvellement et l'augmentation sont projetés.

M. Verdeaux termine en disant qu'à côté de l'entreprise qui a pris naissance, viendront se placer plusieurs industries pour l'exploitation des autres matières minérales enfouies dans le bassin de Krivoï-Roy et que tous ces établissements donneront un élément de vie nouveau au pays, lequel se transformera en peu d'années sous l'action influente de l'évolution de l'industrie métallurgique.

M. le Président remercie M. Verdeaux de sa communication.

M. Tollet a la parole pour sa communication sur le casernement des troupes.

M. Tollet. Messieurs, j'ai peu de temps par rapport à l'importance de la question que j'ai à traiter devant vous. Vous excuserez l'insuffisance de ma parole, mais la question est assez intéressante par elle-même, car c'est de l'intérêt public, et elle touche aux constructions, puisqu'il s'agit de casernes, c'est-à-dire aux conditions à remplir pour que nos soldats, nos enfants qui sont tous appelés à passer par le service militaire puissent y conserver leur santé. Je n'entrerai pas dans les détails de la question, qui remonte à 1740. (Voir le mémoire, page 143).

M. le Président. Je remercie M. Tollet de son intéressante communication. Il y a bien des choses à dire sur la communication de M. Tollet, qui met une persévérance si grande à résoudre une question aussi simple qu'elle est mal posée administrativement. Il faut transformer des édifices de 40,000 mètres cubes en une série de petits pavillons de 1000 mètres cubes, il faut transformer des nids à miasmes putrides, cloisons et planchers en espaces vides et faciles à nettoyer, comme l'a proposé M. Tollet : c'est le contraire des 399 articles du règlement qui dirige aujourd'hui dans la construction d'une caserne. Il faut reconnaître que c'est à peu près impossible ! On convainc tout le monde, mais on ne peut pas déchirer la feuille de papier qui contient les règles suivant lesquelles on fait, depuis cent ans, des casernes insalubres. Il est clair qu'on peut tenir proprement une petite boîte qui contient 80 personnes et dont tous les matériaux sont en contact avec l'air extérieur. Les matériaux enfermés avec l'homme s'imprègnent de germes de maladies; il faut supprimer les matériaux enfermés. Il faut faire des casernes comme il y en a à Bourges; c'est très intéressant à voir, cela fonctionne admirablement; seulement on n'en fait plus, et on n'en fera peut-être plus de longtemps, M. Tollet, n'y comptez pas beaucoup en France. On en fera en Italie, en Autriche. Mais qui peut dire si nos ministres de la guerre consentiront jamais à regarder en face ce grave sujet.

Enfin, M. Tollet, nous pourrons peut-être, après les vacances, donner à votre question, qui est nationale, comme vous le dites, une discussion sur votre communication; aujourd'hui nous n'avons malheureusement plus le temps de le faire.

M. Marché donne ensuite lecture de son rapport sur le concours des médailles à décerner cette année.

Je suis chargé de vous rendre compte de l'examen qu'a fait le comité, des communications présentées à la Société pendant l'année 1881, afin de désigner le mémoire auquel sera décernée la médaille d'or annuelle.

Vous savez que, procédant par voie de sélection à deux degrés, le comité répartit les communications, d'après le sujet traité, entre ses quatre sec-

tions. Chaque section désigne ceux des mémoires qui méritent d'être signalés et le choix définitif du mémoire à couronner est réservé à la commission formée du président et des quatre vice-présidents qui sont les rapporteurs de leur section respective.

Cette année, la 1re et la 3e sections n'ont pas présenté de mémoire à la commission. La 2e section (Mécanique et ses applications) a désigné en première ligne le mémoire de M. P. Krémer sur la *Meunerie française* et, en seconde ligne, la note de M. Canovetti sur la recherche du *moment fléchissant* qui résulte du passage des charges roulantes. La 4e section (physique et chimie) a présenté la note de M. Jourdain sur les Associations de propriétaires d'appareils à vapeur.

C'est à ce dernier travail que la commission a décerné la médaille d'or.

La médaille correspondant à l'exercice 1878 ayant été ajournée, nous disposions, pour cette année, d'une seconde médaille, et le comité a jugé convenable de profiter de cette circonstance pour tenir compte des travaux exceptionnels qu'a suscités l'Exposition internationale d'électricité.

A l'occasion de nos visites à cette exposition, la Société à tenu douze séances supplémentaires qui ont été alimentées par des communications, des exposés et des conférences se rapportant à chacune des classes d'appareils exposés. Les procès-verbaux de ces séances constituent un ensemble assez complet.

Le comité a pensé, à la fois, remercier ceux de nos Collègues qui ont bien voulu nous apporter le concours de leur expérience et de leurs connaissances spéciales sur des questions trop peu connues de nous, et encourager tous les membres de la Société à participer plus largement encore aux études que nous aurons à faire lors des expositions futures, en décernant une médaille d'or à la plus importante, à la plus utile de celles des communications faites par les membres de la Société, dans les séances-visites à l'Exposition d'électricité.

L'examen de ces diverses communications a été confié à la 4e section du comité qui a désigné, comme devant être récompensée, la communication de M. Monnier (Démétrius) sur les *unités de mesure des grandeurs électriques*.

En résumé, il est décerné cette année, deux médailles d'or :

L'une à M. Jourdain pour sa note sur les *associations de propriétaires d'appareils à vapeur*, lue à la Société dans la séance du 20 mai 1881.

L'autre à M. Monnier (Démétrius) pour sa communication sur les *unités de mesure des grandeurs électriques*, faite à l'occasion de la quatrième séance-visite à l'Exposition d'électricité (Électrométrie).

M. le Président donne communication de son rapport sur le concours pour le prix Nozo.

M. Nozo, dans son testament, dit :

« *Je donne et lègue à la Société des Ingénieurs civils, autorisée par décret du vingt-deux décembre mil huit cent soixante, dont le siège est à Paris, une somme de* six mille francs *à placer en rente* 3 *pour* 100, *ou en obligations de chemins de fer dont les revenus serviront à la fondation d'un prix triennal portant mon nom. Ce prix pourra, selon la décision du Comité, être délivré, soit en espèces, soit en une médaille d'or, à l'auteur du plus important travail fourni pendant la période des trois années, dans les questions dont s'occupe la Société.* »

Les mémoires qui ont concouru pour le prix Nozo ont promptement mis le Jury à même de distinguer les communications de MM. Périssé, Clerc, Rey et Vallot, Hersent. Ces travaux ont fixé son examen par des qualités diverses qu'il a dû apprécier et comparer avant de prendre une décision.

L'étude de M. Périssé sur le *gauchissement des poutres de ponts en fer* avait justement ramené l'attention de la Société sur un point délicat des constructions métalliques. En raison même de la grande capacité de résistance de la matière, ces ouvrages n'occupent jamais qu'une place restreinte dans l'espace; et, par là, elles manquent de stabilité. La permanence de figure leur est, en conséquence, indispensable. Ils ne peuvent exister économiquement qu'à cette condition et ils se ruinent aussitôt qu'ils la perdent. En étudiant la chute du pont de Miramont, composé de poutres à treillis qui portent un tablier aux semelles basses et qui sont dépourvues de contreventements aux semelles hautes; en dénonçant comme départ de l'accident leur déversement et la torsion de leurs parties supérieures; en analysant les causes de la défiguration; en mesurant les efforts qui l'ont produite; en formulant les résistances aux moments gauchissants et les limites de longueurs de poutres qui concordent avec les œuvres dépourvues de contreventements supérieurs, M. Périssé a donné à la Société un document digne d'éloges. Le Jury n'a, toutefois, pu omettre de noter que son étude est incomplète et que la partie théorique et originale de sa communication avait déjà été présentée et rapportée à l'Académie des sciences avant d'être venue ici.

La nouvelle théorie de la résistance des poutres de M. Clerc a vivement intéressé le Jury. Le but visé par l'auteur est large et précis. Les procédés de calcul dont nous disposons pour proportionner les poutres aux résistances mécaniques qu'elles doivent fournir, sont compliquées et très peu favorables aux tâtonnements, souvent si laborieux, qui s'imposent dans ces sortes d'applications. M. Clerc voudrait limiter le champ des hypothèses nécessaires et guider les incertitudes. Il isole dans une formule la valeur du déplacement relatif de deux points d'une poutre fléchie, valeur qui, sous le nom de *moment de surface*, s'introduira dans les épures pour y dévoiler les lieux de défaillance d'un ouvrage projeté et fixer les voies du remaniement utile. Le Jury a retrouvé dans cette étude, dans le *moment de surface* qui la caractérise, les développements ou la parenté des ingénieux et savants procédés que notre regretté de Diou a employés dans les calculs de sa belle

ferme de l'Exposition de 1878, et qu'il projetait, quand la mort l'a surpris, de fixer dans une méthode générale applicable à la détermination des proportions des poutres courbes. M. Clerc, dont le travail est encore inachevé, se propose, d'ailleurs, de l'étendre par un complément d'étude dans cette direction.

Une note de M. Rey sur *une nouvelle disposition des appareils de choc et de traction dans le matériel roulant des chemins de fer*, et une note de MM. Rey et Vallot sur l'*établissement des ressorts à lames*, sont deux travaux très bien faits. M. Rey a correctement montré comment on doit assurer le contact permanent des tampons des véhicules composant un train. MM. Rey et Vallot ont adopté la théorie de M. Phillips aux données des applications courantes; ils ont mesuré l'influence du mode d'attache des ressorts. Ces travaux sont complets; ils sont conduits avec méthode; ils concluent juste; la pratique en a consacré l'opportunité. Il faut les louer, mais la louange s'arrête aux bornes du champ resserré sur lequel ils se développent.

Une Note sur le *Dérasement de la roche « la Rose »* et un Mémoire sur les *Ports d'Anvers et de Toulon* sont des travaux d'un tout autre ordre. Ils forment la contribution de M. Hersent au concours du prix Nozo.

Vous vous rappelez, Messieurs, ce qu'était la roche *la Rose* dans l'étroite et sinueuse Penfeld de Brest : un obstacle intolérable pour les manœuvres des navires. On avait déjà attaqué cette masse enchevêtrée de quartz, de granites et de schistes. En 1858, on l'avait écornée de 3,000 mètres cubes à l'aide de touques de poudre et par le travail des scaphandiers. Mais l'opération était ainsi trop dispendieuse pour être poursuivie. Il restait 18,000 mètres cubes de roc à détacher et à enlever avec 4,000 mètres cubes de vase à extraire à 8 mètres et 12 sous les basses mer. M. Hersent vous a fait connaître l'instrument spécial qu'il a construit et l'installation du puissant chantier, auquel il a dû d'achever en deux ans le dégagement d'une passe jadis impraticable dans la fente serrée qui fait de la Penfeld un port si bien abrité.

Le port d'Anvers a donné lieu à des travaux bien autrement importants. Les accroissements des installations maritimes nécessitaient la construction, en plein Escaut, de 3,500 mètres de quais prenant racine sur des fondations arrosées à 8 mètres sous les basses mer; un bassin de batelage de plus de 4 hectares de superficie, avec écluses à sas de 13 mètres de largeur et de nombreux travaux complémentaires. M. Hersent vous a décrit l'outillage avec lequel il a su exécuter, par tronçons de 25 mètres, ce long mur et la précision avec laquelle il poursuit ses travaux.

Au port de Toulon, il s'agissait de la construction de deux bassins de radoud de 127 mètres de longueur sur $35^{m},55$ de largeur au niveau des quais. Ce fut à deux fois un massif de 40,000 mètres cubes de maçonnerie descendu tout d'une pièce à mesure de sa construction à $19^{m},30$ de profondeur, et rattaché au sol par une maçonnerie exécutée à l'air comprimé,

dans une chambre de travail s'étendant sous toute la base, c'est-à-dire 5,969 mètres carrés. L'auteur vous a montré ici tous les incidents de ce magnifique travail.

Les communications imprimées de M. Hersent ne quittent guère le ton et l'allure de simples notes. Mais elles sont si claires en leur concision; les renseignements qu'elles fournissent sont si justes; quand une rare réflexion se produit, elle vient si bien à point, que votre Jury les a considérées comme des documents supérieurs. Mais nous ne nous en sommes pas tenus à cette appréciation. Nous avons pensé que mémoires et travaux sont ici inséparables; et, interrogeant les travaux, nous avons été frappés de la justesse des conceptions, de la mesure des outillages, de la diversité des moyens réservés à leur maniement, de l'ordre et de la précision des manœuvres. Nous avons considéré les grosses victoires gagnées, et nous avons aperçu la correction des idées qui les avaient méritées. La justesse du coup d'œil, la discipline de l'observation, la santé de l'esprit et ce maître des choses qu'on nomme bon sens sont apparus à votre Jury. Et c'est ainsi qu'il a décerné le prix Nozo à M. Hersent.

M. le Président. Nous avons le regret de ne pas avoir ici M. Jourdain, qui est malade, et M. Monnier, qui est absent de Paris.

M. Jourdain a écrit pour s'excuser et à la fin de sa lettre il dit que comme ingénieur, directeur de l'Association parisienne depuis sa fondation, il est heureux à la pensée que leur grande utilité a été consacrée une fois de plus par la haute compétence des ingénieurs et des industriels ses Collègues, qui composent le Comité de la Société des ingénieurs civils.

M. le Président. Permettez-moi, monsieur Hersent, de vous serrer la main en vous remettant ce prix qui vous est décerné pour les travaux qui font tant d'honneur à la France et dont vous vous occupez avec tant de succès.

Nous allons entrer en vacances, c'est notre dernière séance, l'heure avancée ne nous permet pas de réengager cette grande question du chemin de fer métropolitain. Au retour de nos vacances nous tâcherons de réparer ce qui manque de ce côté, au mois d'octobre nous reprendrons la discussion.

MM. Bihet, Bouvard, Cabanis ont été reçus membres sociétaires et MM. Gauthier (Stanislas) et Wellhoff, membres associés.

La séance est levée à dix heures trois quarts.

CHRONIQUE

Sommaire. — Congrès international d'hygiène et de démographie à Genève. — Balistique expérimentale et résistance de l'air dans les canons de fusil. — Machines Compound sans condensation. — Économie dans les machines à vapeur. — Le tunnel de l'Hudson. — Le pont de l'East-River. — Machines pour commande de laminoirs.

Congrès international d'hygiène et de démographie, à Genève. — Le quatrième Congrès international d'hygiène, contenant une section spéciale de démographie, se tiendra à Genève, du 4 au 9 septembre 1882, sous les auspices du haut Conseil fédéral suisse et des autorités du canton et de la ville de Genève; son but est de réunir les savants de tous les pays qui voudront discuter les questions se rattachant aux progrès de l'hygiène et aux intérêts de la santé publique.

La Société des Ingénieurs civils doit y être représentée par plusieurs de ses Membres.

La troisième section comprend les applications à l'hygiène de la physique, de la chimie, de l'architecture et de l'art de l'ingénieur, ainsi que l'hygiène professionnelle et industrielle. C'est celle qui intéresse directement notre profession, et nous allons en conséquence indiquer les diverses questions inscrites pour y être traitées, avec les noms des rapporteurs, parmi lesquels nous trouvons celui du Président de notre Société.

1re question. — *Vidanges et égouts*, M. A. Durand-Claye, ingénieur en chef des ponts et chaussées, professeur à l'École des ponts et chaussées et à l'École des beaux-arts.

Orateurs inscrits : Dr J. Teissier, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Lyon; Dr Th. Moore, à Colombia (États-Unis).

2e question. — *Des moyens simples et économiques de chauffage et de renouvellement d'air pour les habitations ouvrières.* M. Lasius, professeur d'architecture à l'École polytechnique fédérale de Zurich.

3e question. — *Quelques points d'hygiène des habitations privées.* M. H. Bourrit, à Genève, ancien professeur d'architecture à l'Académie de Lausanne.

4e question. — *Des intoxications par les produits ingérés journellement à petites doses.* Dr Brouardel, professeur de médecine légale à la Faculté de médecine de Paris, membre du Comité consultatif d'hygiène de France.

5e question. — *L'intoxication saturnine, étiologie et prophylaxie.* Dr A. Gautier, chef des travaux chimiques à la Faculté de médecine de Paris, membre de l'Académie de médecine.

6e question. — *Eau potable.* — A. *Influence des filtres naturels sur les eaux potables.* Dr Rollet, professeur d'hygiène à la Faculté de médecine de Lyon. — B. *Communication de l'Association internationale pour l'eau potable.* M. Jaeger, président à Amsterdam.

7e question. — *De la putréfaction des matières animales et des produits qui en dérivent.* Dr A. Gautier.

8e question. — *Les avantages et les inconvénients de la perméabilité des parois dans les constructions habitées.* M. E. Trélat, architecte, professeur au Conservatoire des Arts-et-Métiers, directeur de l'École d'architecture.

9e question. — *Les recherches météorologiques et l'hygiène.* Dr Pagliani, professeur d'hygiène à l'Université de Turin.

La quatrième section comprend l'hygiène de l'enfance et l'hygiène privée et nous y trouvons d'abord indiquée une question, celle de l'*influence des programmes scolaires sur la santé des enfants,* par le Dr H. Kuborn, professeur de physiologie et d'hygiène à l'École normale de l'État à Liége, président de la Société royale de médecine publique de Belgique, dont l'exposé est si remarquable, que nous croyons devoir le reproduire. Nous ne doutons pas qu'on ne le lise avec un vif intérêt.

1. Avant l'âge de six ou sept ans, l'éducation est toute intuitive. La mémoire, ainsi que dans la période suivante, a une prépondérance marquée. L'enfant ne doit être astreint à aucune discipline scolaire, et on peut à peine donner ce nom aux procédés éducatifs mis en œuvre dans les *jardins d'enfants*, la santé n'y subit d'autres atteintes que celles qui résultent de la période de la vie qu'il traverse. C'est l'âge le plus propice à l'apprentissage par audition des langues étrangères.

2. L'âge de l'entrée à l'école primaire doit être fixé à sept ans. Le progrès des facultés intellectuelles de l'enfant, mis en rapport avec son développement physique, dicte l'ordre de succession dans lequel les matières doivent lui être enseignées.

3. La physiologie et l'hygiène, pour la période de sept à treize ou quatorze ans, imposent aux éducateurs de l'enfance la triple direction du développement harmonique du corps, de l'esprit et des sentiments. Tout programme d'éducation qui prendrait en moindre considération l'un de ces éléments constitutifs de l'organisation humaine, doit être réputé insuffisant ou dangereux.

4. L'oxygène est l'excitant vital des fonctions cérébrales. Non seulement la force physique, mais l'énergie et l'intelligence sont d'autant plus affai-

blies que l'apport d'oxygène au cerveau, c'est-à-dire d'air pur transmis par la voie pulmonaire est en moindre quantité ou qualité.

5. La surexcitation cérébrale produite par une attention ou des travaux trop soutenus, finit, après un temps variable selon la constitution et l'âge des sujets, par amener un état d'anémie du cerveau ou de l'économie tout entière.

6. Les effets de l'entraînement intellectuel, pendant la période que nous considérons, sont presque toujours sans remède.

7. L'appel incessant et accéléré d'oxygène que nécessite la nutrition du cerveau trop longtemps sollicité, et cette sollicitation elle-même ne peuvent se faire qu'au détriment de la nutrition générale et par la déchéance des fonctions organiques.

8. Les troubles dans l'action vaso-motrice amenés par ce mouvement finissent par conduire à l'anémie cérébrale et à l'étiolement des facultés intellectuelles, fréquemment à l'anémie et à la chlorose, à la susceptibilité nerveuse, aux névroses, spécialement à la chorée, et, en sus, chez les filles, à l'établissement difficile de la fonction cataméniale.

9. La station trop prolongée sur les bancs favorise particulièrement les dépôts tuberculeux aux sommets des poumons.

10. Les expériences instituées ont démontré physiquement que la *lassitude intellectuelle* est en relation avec l'affaiblissement de la faculté de distinguer de petites différences psycho-physiques, avec l'affaiblissement de la mémoire et l'apparition d'une surexcitation psychique.

11. L'influence pathologique des saisons sur le travail scolaire est démontrée par ce fait, que les affections fébriles se manifestent de préférence chez les enfants et les adolescents pendant la période des grandes chaleurs de juin et de juillet, plutôt que pendant le mois d'août, époque de la cessation des cours et du ralentissement dans les études.

12. Les inconvénients des tâches à faire à domicile doivent faire supprimer celles-ci pour les élèves des divisions inférieures et les réduire à une heure pour les autres.

13. En dehors du sommeil, la balance des forces physiques et du développement intellectuel doit être tenue dans la relation suivante : 7 et 8 ans, 4 heures d'école, 9 de repos et exercices; — 9 et 10 ans, 5 ou 6 et 8 ou 9; — 11 et 12 ans, 6 ou 7 et 8 1/2 ou 9 1/2.

14. L'attention à l'école ne pouvant être soutenue, au maximum, au delà d'une heure et demie pour les élèves les plus âgés, et le meilleur moyen de la réveiller étant l'exercice, il convient de suspendre la classe après ce laps de temps.

15. Les jeux et exercices gymnastiques constituent le moyen le plus propre d'utiliser ces relâches. Car non seulement la gymnastique fortifie le système musculo-osseux et combat les défectuosités résultant des attitudes, mais elle fortifie le système nerveux, inspire l'esprit de discipline, la fer-

meté et la présence d'esprit. Elle est tout aussi indispensable aux filles qu'aux garçons. Elle est un moyen puissant pour combattre cette susceptibilité nerveuse, ces états nevropathiques, chlorose et chorée, ces tendances à la phtisie, ces germes de scrofules, toutes ces imminences morbides qui affectent souvent les enfants des écoles.

La gymnastique *générale*, éducative, non acrobatique, doit avoir sa place marquée au programme scolaire, comme branche obligatoire.

Deux séances de quinze minutes par jour, pour les plus jeunes, une seule séance de vingt-cinq minutes pour les plus âgés suffisent pour atteindre le but qu'on se propose.

16. L'hygiène de la vue, de l'ouïe, des facultés esthétiques, celle de la voix exigent que l'étude du chant et du dessin fassent partie de l'enseignement à l'école.

17. Une suspension de cours pendant une série de plusieurs semaines, c'est-à-dire les vacances, est, pour l'instituteur et les élèves, d'une nécessité évidente au point de vue de l'hygiène. Des demi-jours de congé une ou deux fois par semaine, utiles au même point de vue, pourront en outre être fructueusement utilisés pour des promenades ou des excursions.

18. Apprendre à l'enfant à penser, fortifier sa raison en y burinant des notions justes, exercer son intelligence sur les objets qui frappent ses sens, en même temps qu'on élève son sentiment moral, favoriser par des exercices appropriés le développement harmonique de ses organes, de telle façon que l'élément mental ne vienne pas, par fausse adaptation, pervertir ou enrayer l'évolution du cerveau lui-même, et celle de tout l'organisme, tel doit être le but de l'éducation scolaire.

19. Les troubles qui pourraient être apportés dans la santé des enfants, notamment ceux qui résultent des rapports de l'intelligence et des sentiments avec la constitution physique, lesquels n'apparaissent manifestement qu'après avoir profondément altéré l'économie, ne peuvent être constatés que tardivement et incomplètement par un instituteur.

De là, comme complément indispensable de l'œuvre de l'organisation scolaire, l'établissement d'une inspection médicale officielle et régulière.

La seconde question, qui se relie étroitement avec la précédente, comme on vient de l'indiquer, traite de *la nécessité de nommer dans tous les pays des médecins scolaires et de leurs fonctions obligatoires;* le rapporteur est le docteur Cohn, professeur d'ophtalmologie à l'Université de Breslau.

Nous regrettons que l'espace nous manque pour reproduire complètement les conclusions formulées sur cette question d'un haut intérêt. Nous nous bornerons à indiquer que le médecin scolaire doit, en cas de construction nouvelle, donner son avis sur les plans des bâtiments, la position et dimension des fenêtres, les appareils de chauffage et de ventilation, les lieux d'aisance, l'ameublement des classes. Il doit mesurer tous les élèves

au commencement de chaque semestre et les placer dans les bancs-pupitres conformément à la taille de chacun, déterminer chaque année l'état de réfraction des yeux de tous les élèves et enfin faire changer les bancs-pupitres défectueux qui causent une attitude défectueuse de l'élève et les livres scolaires mal imprimés.

Nous signalerons encore parmi les questions qui doivent être traitées.

Le *repos hebdomadaire au point de vue hygiénique*, par le Dr HAEGLER, de Bâle, dont la conclusion est que le quatrième congrès international d'hygiène, réuni à Genève en septembre 1882, recommande de la manière la plus pressante aux gouvernements et aux administrations, aux directions de chemins de fer, des postes et des autres services publics, aux sociétés industrielles et commerciales, aux chefs d'ateliers, d'accorder ou de faire accorder, autant que possible, à tous ceux qui sont sous leur dépendance, la liberté d'un jour de repos par semaine, et de concourir à son but hygiénique d'après les principes exprimés dans les conclusions :

La crémation, par le Dr G. PINI, de Milan.

Les effets de la chaussure vicieuse et les moyens de les prévenir, par le colonel Dr ZIEGLER, à Berne, médecin en chef de l'armée fédérale. L'importance de cette question peut être appréciée par le fait que les infirmités causées par l'usage des chaussures ordinaires, construites contrairement à l'architecture du pied humain, sont la cause d'un déchet annuel de 5 à 6 pour 100 sur le recrutement.

Balistique expérimentale et résistance de l'air dans les canons de fusil.

Les *Bulletins de l'Académie royale de Belgique* contiennent un extrait d'un travail sur la *balistique expérimentale*, dû à M. Melsens et dans lequel ce savant expose de remarquables considérations sur le rôle de l'air qui précède les projectiles et qui peut être considéré, dans une grande partie de la course de celui-ci, comme faisant corps avec le solide.

M. Melsens décrit un des différents dispositifs qui lui ont servi à recueillir l'air qui précède un projectile, marchant à grande vitesse ; il consiste, en définitive, à lancer une balle dans une ouverture tronconique pratiquée dans un gros bloc d'acier ou de fonte ; à l'extrémité du cône vers le sommet, l'ouverture du cône peut avoir même plusieurs millimètres de diamètre ; elle est mise en communication avec des tubes en fer, préalablement remplis d'eau, qui se prolongent jusqu'à une cuve à eau munie d'une cloche pour recueillir l'air.

Lorsqu'une balle sphérique de plomb s'engage dans le cône, disposé de façon à ne pas permettre l'écoulement de l'eau, l'air qui la précède est chassé en avant ; une partie de la balle passe par l'ouverture du cône et une autre, restant engagée, fait obturation et s'oppose à l'écoulement de

l'eau; cette partie engagée dans le cône se termine par une pointe parfaite et souvent très effilée; d'autres fois on y observe un rétrécissement très caractéristique qui rappelle ce que pour les liquides on a nommé la contraction de la veine; on voit des balles où ce renflement en avant est prêt à se détacher, on en trouve dans le tube des gouttes détachées et isolées, comme si le plomb solide avait coulé à la façon d'un liquide.

Les expériences de M. Melsens diffèrent surtout de celles de M. Tresca en ce que l'on retrouve des gouttes qui sont parfaitement libres et que l'on peut, jusqu'à un certain point, suivre les phases de leur formation, tandis que dans l'écoulement du plomb solide, sous forte pression, les mouvements de convergence des molécules affluant de tous côtés vers l'orifice, obéissent aux pressions qui, de la partie supérieure du bloc, se propagent dans toute la masse et déterminent ce que, pour les liquides, on a nommé la contraction de la veine.

Au sujet de la résistance de l'air dans les canons de fusil, notre collègue, M. le professeur Colladon, a adressé à M. Melsens une lettre contenant des faits extrêmement intéressants et très peu connus que nous croyons utile de reproduire *in extenso.*

Monsieur et honoré confrère,

Votre étude sur la balistique expérimentale et les intéressants phénomènes que vous avez découverts et décrits dans la notice que vous m'avez adressée m'avaient engagé à vous parler d'une ancienne expérience que j'ai maintes fois répétée, soit devant mes élèves, à l'École centrale des Arts et Manufactures, à Paris, soit plus tard, pendant mon professorat actif à la Faculté des sciences de l'Académie de Genève.

Par votre lettre du 23 courant, vous me demandez des renseignements plus détaillés sur cette expérience déjà ancienne et peu connue; je m'empresse de vous les communiquer.

Les carabines suisses, dont on se servait dans les tirs, il y a environ soixante ans, étaient des armes assez pesantes; le canon, en général fort épais, avait plus de longueur que celui des carabines modernes; de plus, on se servait alors de balles sphériques.

Il y a des exemples de tireurs qui, à la suite d'un pari, chargeaient leur carabine avec une balle ronde, saisissaient l'extrémité du canon, en fermaient l'ouverture avec le pouce et faisaient partir le coup sans que le pouce fût blessé, ce qui suppose dans le poignet et les muscles de la main une vigueur peu commune.

Chargé, en 1830, peu après la création de l'École centrale des Arts et Manufactures de Paris, du cours de mécanique théorique et appliquée, j'avais introduit dans mon enseignement un grand nombre d'expériences nouvelles et la mise en évidence de machines ou pièces de machines empruntées à l'industrie privée et qui fonctionnaient devant les élèves.

Entre autres expériences, je répétais chaque année, comme je l'ai fait plus tard dans les cours de l'Académie de Genève, une expérience rappe-

lant celle que je vous ai communiquée. Je faisais charger à outrance, par de l'air comprimé, la culasse en fer creux d'un fusil à vent, faisant fonction de réservoir.

Après avoir vissé le canon, j'introduisais une balle ronde en plomb, courant librement, mais ayant à fort peu près le diamètre de l'intérieur du canon, je plaçais le fusil à vent la crosse sur le plancher et le canon vertical; après avoir fortement saisi l'extrémité du canon et appuyé vigoureusement le pouce sur son ouverture, je faisais partir le coup par l'aide préparateur, le pouce restait immobile et on entendait la balle redescendre dans le canon.

Après cela, sans recharger la culasse et avec la même balle, je visais devant l'auditoire une planche de sapin de un à un centimètre et demi d'épaisseur et la planche était traversée; habituellement même le préparateur, qui avait toute confiance dans la justesse de mon tir, tenait à la main la petite planche ou un morceau de vitre dans lequel la balle perçait un trou rond fort peu étoilé.

Cette expérience est, je le répète, sans danger pour l'opérateur, s'il est sûr de la vigueur de son poignet, si le canon a plus de $0^m,80$ de longueur, si la balle est sphérique et si elle a un diamètre peu différent de celui de l'intérieur du canon, car il faut que cette balle fasse l'office d'un piston et que la force vive de la balle s'emploie uniquement à comprimer l'air dont la sortie est empêchée par la pression du pouce. J'estime qu'il serait dangereux de charger l'arme avec une balle de trop petit diamètre ou avec de la grenaille.

Est-il besoin d'ajouter que la moindre incertitude dans la pression très vigoureuse du pouce et la fermeture hermétique du canon permettrait à la balle de heurter et probablement de blesser gravement l'extrémité du pouce; il me paraît aussi qu'une balle conique serait plus dangereuse qu'une balle sphérique, car, selon la force de la charge, et si le canon n'a pas une longueur notable, la balle doit arriver fort près du pouce avant que sa force vive soit absorbé par le travail de la compression.

Il semble qu'on pourrait redouter en tout cas une brûlure pour la partie de la peau qui ferme le canon, car c'est une expérience de tous points analogue à celle d'un briquet pneumatique, comprimé avec une extrême énergie; sans doute le temps est trop court pour que la peau soit attaquée. J'ai répété cette expérience plus de vingt ou trente fois, et je n'ai jamais ressenti aucun effet fâcheux quelconque ni de choc ni de chaleur.

Agréez, etc.

DANIEL COLLADON.

Genève, 31 mai 1882.

M. Melsens en publiant cette lettre, dit que les faits si curieux qui y sont énoncés étaient ignorés de plusieurs officiers d'artillerie très savants et très au courant des questions de balistique auxquels il les a fait connaître.

Machines Compound sans condensation. — On a longtemps combattu, et on entend encore quelquefois soutenir cette thèse, l'introduction du fonctionnement Compound dans les machines sans condensation, pour des raisons théoriques, mais, sans parler ici de ce qui s'est fait sur le continent, on peut affirmer que l'emploi des machines Compound fait de grands progrès en Angleterre pour les locomobiles et les machines routières. A chaque concours annuel de la Société royale d'agriculture on voit de nouveaux constructeurs se rallier à ce système.

Après MM. John Fowler et Cie, MM. Marshall et fils, MM. Garett et fils, nous avons vu des constructeurs bien connus : MM. Ruston, Proctor et Cie, de Lincoln, présenter des locomobiles Compound aux concours de Smithfield l'année dernière et de Reading cette année. Les résultats de ces machines sont tels qu'il n'est pas douteux que l'emploi de la détente en cylindres successifs ne se généralise dans ce genre de machines dès qu'elles atteignent une certaine puissance.

Voici les résultats d'essais faits avec une de ces machines à cylindres de $0^{m},177$ et $0^{m},278$ de diamètre, course $0^{m},555$; il y a des enveloppes de vapeur aux deux cylindres et le petit cylindre a un tiroir de détente réglé par le modérateur. La surface de grille est de 0,46 et la surface de chauffe de 16,20 mètres carrés.

L'essai en question a été fait au mois d'avril dernier, et a duré 3 heures 43 minutes.

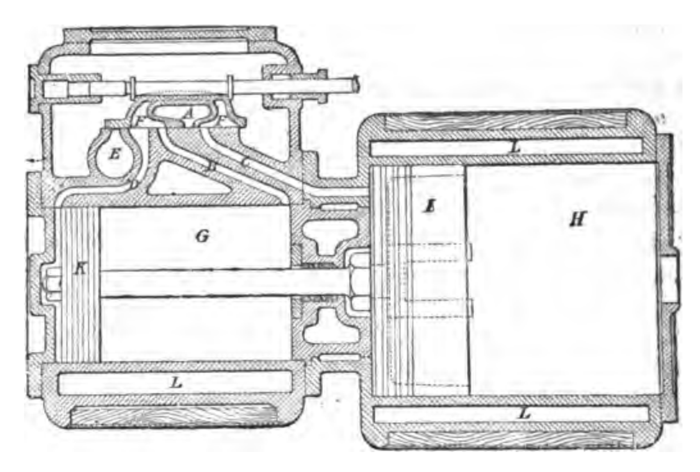
Pression à la chaudière.	$8^{k},5$
Nombre de tours par minute.	130
Travail au frein en chevaux.	29.90
Nature du combustible.	Galles
Consommation totale.	136 kil.
Consommation par cheval et par heure.	1,23
Dépense totale d'eau d'alimentation.	1064.
Dépense par cheval et par heure.	9.80
Température de l'eau.	13°
Température à son entrée à la chaudière.	67°
Eau vaporisée par kilogramme de combustible. . .	8 kil.

Ces résultats sont assurément très remarquables; on peut, il est vrai, les considérer comme obtenus dans des essais faits avec les précautions spéciales pour lesquels les constructeurs anglais sont réputés; mais si on suppose une production courante de vapeur de 7 kilogr. par kilogramme de combustible, la consommation ne ressortirait dans ce cas qu'à $1^{k},40$ par cheval au frein et par heure. Si on rapproche la dépense de vapeur de $9^{k},80$ de celle de 13 kilogrammes réalisés, il y a quelques années au concours de Cardiff, par les meilleures locomobiles ordinaires à enveloppe de vapeur, on doit reconnaître que l'emploi de la détente en cylindres successifs réalise une économie considérable.

Les constructeurs anglais cherchent à réaliser pour les locomobiles la

disposition Compound d'une manière plus simple qu'avec deux cylindres ayant chacun leur mécanisme séparé.

MM. Ch. Burrell et fils de Thetford ont exposé cette année à Reading une locomobile Compound, semblable à une machine routière qu'ils avaient présentée l'année dernière à Derby, et dont voici la disposition générale.



Les deux cylindres de la machine sont placés bout à bout, en tandem, comme disent les Anglais; le cylindre à basse pression H est à simple effet, et le cylindre à haute pression G l'est également, au moins comme fonctionnement, car il a des lumières à chaque extrémité.

La vapeur de la chaudière arrive au cylindre à haute pression par le conduit B du côté de l'arbre, et au retour elle passe par ce conduit et par les passages C et D, par l'intérieur F du tiroir dans les parties du petit et du grand cylindre opposées à l'arbre. Le petit piston étant alors également pressé sur ses deux faces, le mouvement a lieu en vertu de la pression de la vapeur sur le grand piston. L'échappement se fait au coup suivant par la mise en communication de la cavité F du tiroir, avec le conduit d'échappement E. Les deux tiroirs ont des enveloppes de vapeur L L.

Le passage de la tige commune des pistons se fait entre les deux cylindres par une garniture formée de rondelles de toile en fils de cuivre bien serrées; cette garniture tient bien la vapeur, à ce qu'il paraît et dure longtemps avant d'avoir besoin d'être remplacée. Les pistons ont des cercles Ramsbottom et le grand piston a une forte épaisseur pour servir de guide.

La bielle s'attache directement sur ce piston dans une fourche qu'on voit sur le dessin, et le couvercle du cylindre du côté de l'arbre a une fente pour permettre le mouvement d'oscillation de la bielle.

Cet arrangement est simple, mais on peut toutefois lui objecter que la machine est relativement volumineuse et que les surfaces de refroidissement sont considérables pour une puissance donnée.

Néanmoins MM. Burrell ont constaté que cette machine fait, avec une chaudière de 7 chevaux, le même travail que leurs locomobiles ordinaires qui ont des chaudières de 10 chevaux. La machine dépense 25 à 30 pour cent de moins et pèse 1,500 kilogrammes de moins; il est dès lors vraisemblable qu'elle peut être établie à meilleur marché. C'est un des avantages que bien des gens se refusent encore à admettre pour la machine Coupound et qui cependant n'a rien que d'absolument rationnel.

Économie dans les machines à vapeur. — Nous trouvons dans l'*American Engineer* l'observation suivante, qui présente un certain intérêt.

A mesure qu'on multiplie les expériences sur les machines à vapeur, l'opinion que le contrôle par l'action du régulateur sur un papillon qui étrangle la vapeur n'est point aussi désavantageux qu'on l'a cru jusqu'ici, gagne du terrain. Des expériences récentes et dignes de foi montrent qu'en pratique cette méthode ne conduit pas à une dépense de vapeur plus grande que lorsqu'on fait agir le modérateur sur la détente. La théorie n'indique point de différence sensible.

Le professeur Robinson a, dans la réunion à Altona de la Société américaine des ingénieurs civils, insisté sur le côté théorique de la question et présenté quelques considérations intéressantes sur l'emploi du papillon pour contrôler la marche des machines. Le passage de la vapeur à travers une ouverture rétrécie produit une surchauffe de cette vapeur parce qu'elle se détend sans produire de travail et, par conséquent, sans perdre du calorique qu'elle contient; elle possède donc alors plus de chaleur qu'il ne lui en faut pour se maintenir à l'état de saturation. Le papillon produira le même effet et fera entrer la vapeur au cylindre avec un certain degré de surchauffe (au moins si la vapeur était saturée sèche) et, si la première partie du diagramme est abaissée, la courbe se relève dans le reste.

On fait observer, il est vrai, que les courbes avec l'étranglement ne présentent pas un aspect aussi net et aussi régulier que si la détente est produite par un appareil spécial. Mais cela a peu d'importance. La régularité d'un diagramme n'a aucun rapport avec l'efficacité du fonctionnement. Le diagramme peut être très beau, la courbe d'expansion être une véritable hyperbole, les points de fermeture, etc., etc., être parfaitement nets, ce qui montre une régulation correcte et, avec tout cela, la machine être très médiocre au point de vue de la consommation de la vapeur. Ces diagrammes pourront être d'une grande utilité pour apprécier le fonctionnement d'un système de distribution, mais nous protestons contre l'idée, assez répandue, qu'un beau diagramme d'indicateur indique nécessairement un fonctionnement économique de la machine. Personnellement nous croyons qu'on a abusé de l'indicateur pour apprécier la valeur des machines. Qu'on relève des diagrammes tant qu'on voudra, mais qu'on ne néglige pas les autres éléments d'appréciation, tels que la consommation de vapeur,

la durée des machines, leur coût d'établissement, l'entretien et les réparations, etc.

Le tunnel de l'Hudson. — Les travaux du tunnel de l'Hudson avancent régulièrement depuis leur reprise après les réparations des dégâts occasionnés par l'accident dont nous avons parlé dans la chronique d'août 1880.

Du côté de New-Jersey, on a complètement terminé 360 mètres du tunnel sud, la longueur totale étant de 1646 mètres ; la nature du sol est toujours la même, argile compacte ; comme le tracé présente une pente de 2 pour 100, on a dû accroître, à mesure de l'avancement, la pression de l'air qui est actuellement de 2 atmosphères. On a établi deux fortes cloisons, l'une à 135 mètres du caisson et l'autre en avant et à la même distance de la première, pour limiter les conséquences de l'invasion de l'eau et de la vase en cas d'accident.

On est beaucoup moins avancé du côté de New-York, à cause de la nature du terrain qui est formé de sable mélangé de gravier et contenant des sables coulants avec lesquels les plus grandes précautions sont nécessaires pour éviter des accidents dont les conséquences seraient des plus graves.

Le front d'attaque n'est, de ce côté, qu'à 12 mètres du caisson.

Rien n'a encore été fait pour le tunnel sud.

Ce grand travail a été commencé en novembre 1874, mais l'accident du 21 juillet 1880 a fait perdre un temps considérable et a fait modifier les méthodes d'attaque.

Le pont de l'East River. — La construction du grand pont suspendu sur l'East River, entre New-York et Brooklyn, se continue avec activité et on peut prévoir le prochain achèvement de cet immense travail, commencé en juin 1870. Il se compose d'un pont suspendu à trois travées, dont la travée centrale a exactement 486^{m},60 et les travées extérieures 283^{m},60, total 1053^{m}80 pour le pont proprement dit ; la longueur totale, avec les approches, est de 1826 mètres.

Les approches constituent des travaux d'une importance considérable ; du côté de Brooklyn, ce sont des ponts métalliques jetés sous un angle considérable sur les rues dites York-street, Main-street et Prospect-street, ce dernier pont est en outre en courbe. Le poids total du fer qui entre dans ces trois ouvrages est de 590,000 kilogrammes.

Du côté de New-York, il n'y a qu'un seul pont métallique sur Franklin-square ; mais cet ouvrage, qui a 28 mètres de largeur et 62 mètres de longueur, n'a pas employé moins de 1,000 tonnes de métal. Les autres rues sont franchies par des arches en maçonnerie.

L'ouvrage doit servir à trois espèces de circulations séparées, les piétons, les voitures et les trains de chemins de fer ; on étudie en ce moment pour ces derniers un mode de traction par câble sans fin.

Voici quelques détails qui donneront une idée des proportions de cet ouvrage.

Le caisson sur lequel a été fondée la pile du côté de New-York a 52 mètres sur 31, il pèse 7,000 tonnes et a reçu 8,000 tonnes de béton; la pile contient 36,000 mètres cubes de maçonnerie; elle mesure 42 mètres sur 18 au niveau de l'eau et 40 sur 16 à la partie supérieure; sa hauteur totale au-dessus des hautes mers est de 84 mètres; sa fondation descend à 24 mètres au-dessous du même niveau, ce qui fait une hauteur totale de 108 mètres. Les dimensions de la pile du côté de Brooklyn sont les mêmes, sauf pour la profondeur de la fondation qui est moindre.

La hauteur libre au centre du pont au-dessus des hautes mers est de 41 mètres, sur les piles le plancher n'est qu'à 36 mètres au-dessus du même niveau, ce qui donne lieu à deux inclinaisons assez considérables.

La suspension est faite au moyen de quatre câbles de 398 millimètres de diamètre, formés chacun de 5296 fils parallèles pesant 125 grammes par mètre, ces fils sont en acier galvanisé et peints à l'huile bouillante, chacun à une longueur de 1091 mètres. Chaque câble achevé a une résistance de 12,200 tonnes. La pose du premier fil a eu lieu le 29 mai 1877, mais la pose des câbles n'a réellement commencé que le 11 juin de la même année.

Les ancrages sont faits d'une manière qui répond aux dimensions de l'ouvrage; il suffira d'indiquer que les plaques qui retiennent les extrémités des amarrages pèsent 23 tonnes chacune.

L'ingénieur de cet immense travail, qui aura coûté 70 millions de francs, est le colonel W. A. Roebling.

Machines pour commande de laminoirs. — MM. Tannet, Walker et Cie, constructeurs à Hunslet, viennent de terminer une paire de puissantes machines Compound à renversement de marche, destinées à commander les laminoirs de l'usine de Joeuf, appartenant à MM. de Wendel.

Ces machines ont deux cylindres à haute pression de $0^m,860$ de diamètre et deux cylindres à basse pression de $1^m,520$; la course commune est de $1^m,525$. La pression à la chaudière est de 8 kilogrammes. Avec 90 à 100 tours par minute, la puissance indiquée atteint 2,800 chevaux. L'arbre moteur a $0^m,45$ de diamètre aux portées de calage des manivelles et pèse 13 tonnes.

Le changement de marche est à commande hydraulique et les machines peuvent être renversées dans l'espace de un quart à un demi-tour, soit onze fois par minute. Le poids total est de 200 tonnes et l'emplacement occupé de $16^m,50$ sur $8^m,20$. La condensation se fait dans des condenseurs à surface comprenant 2000 tubes en laiton; les pompes à air, de circulation et d'alimentation sont actionnées par des machines indépendantes. On peut

avec ces machines laminer 1,800 tonnes de rails par semaine, soit 300 par jour de travail.

C'est la quatrième machine de laminoirs construite sur ce modèle, par MM. Tannet, Walker et Cie. Les trois autres ont été livrées à MM. Bolckow, Vaughan et Cie, de Middlesbrough, à la Blaenavon Iron Company et à MM. de Wendel pour leur usine d'Hayange; cette dernière est déjà en service depuis quelque temps et a donné d'excellents résultats.

COMPTES RENDUS

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

JUIN 1882.

Bouées sonores et bouées lumineuses, note par M. Allard, inspecteur général des ponts et chaussées.

On a dans ces derniers temps cherché à faire produire aux bouées mouillées le long des côtes un son ou une lumière pour prolonger dans l'obscurité les services qu'elles rendent en signalant aux navigateurs les passes ou les dangers.

M. Courtenay, de New-York, a fait une bouée dans laquelle le mouvement des vagues comprime de l'air contenu dans un tube, lequel air sortant par une soupape agit sur un sifflet. Un appareil de ce système a été placé dans la rade du Havre à 3 3/4 milles de la jetée du Nord et a donné de très bons résultats. A la suite de cet essai, huit bouées de ce système ont été placées au Havre, au cap Gris-Nez, au cap la Hague et dans l'Iroise, près de Brest; chacune coûte 8,755 francs, non compris l'ancre ni la chaîne.

Au lieu de faire produire un son par les bouées, on a cherché à les rendre lumineuses; la solution la plus simple est le gaz comprimé; le système Pintsch, de Berlin, a très bien réussi. Il a été appliqué à une bouée mouillée à 1,800 mètres de l'extrémité de la jetée du Nord, au Havre. Le réservoir contenant 10 mètres cubes de gaz à une pression de 6 atmosphères, l'éclairage a duré 2,839 heures, soit 21 litres environ à l'heure. Le feu a pu être ob-

servé à 8 kilomètres de distance et trois tempêtes subies par l'appareil n'ont causé ni avaries ni extinction.

Le remplissage peut être fait soit en amenant près des bouées un bateau portant un réservoir de gaz comprimé, soit en conduisant les bouées dans le port. Avec 10,500 litres de capacité et 8 atmosphères, on peut ne remplir le réservoir que tous les cinq mois.

Le prix de la bouée lumineuse de cette capacité est de 10,250 francs, non compris la chaîne ni le corps mort. Le gaz revient à 1 fr. 20 le mètre cube; la dépense annuelle d'éclairage serait donc de 220 francs, à quoi il faut ajouter les frais de remplissage et d'entretien qui sont d'environ 1,000 francs par an.

On cherche en ce moment à faire des bouées à la fois lumineuses et sonores en employant une partie du courant d'air, produit par la bouée Courtenay, à traverser une essence volatile, de manière à le transformer en gaz carburé, propre à brûler au sommet de la bouée.

Note sur la **Poussée des terres,** par M. A. Flamant, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

L'auteur rappelle le mémoire publié par M. Benjamin Baker, dans les *Minutes of Proceedings* de l'*Institution of Civil Engineers,* dans lequel cet ingénieur arrive à conclure que la théorie de la poussée des terres n'est pas actuellement formulée d'une manière satisfaisante. Mais il n'a pas cherché à se rendre compte des causes de la divergence qu'il a constatée entre les résultats de la théorie et ceux de ses observations pratiques. En effet, la théorie de Rankine, qui admet que la poussée exercée par un massif terminé horizontalement est elle-même horizontale, est insuffisante parce qu'elle néglige le frottement des terres contre la paroi du mur, ce qui revient à supposer cette paroi infiniment polie.

La théorie de la poussée des terres, en tenant compte du frottement des terres sur la paroi postérieure du mur, a été donnée en dernier lieu par M. Boussinesq dans un *Essai théorique sur l'équilibre des massifs pulvérulents*, publiée en 1876, par l'Académie royale de Belgique, et à la suite de la discussion sur le mémoire précité de M. Baker, M. Boussinesq a adressé à l'*Institution of Civil Engineers* une note donnant d'une manière élémentaire et simple, les résultats principaux de cet essai, pour le cas assez ordinaire d'un massif horizontal soutenu par un mur vertical et où il donne des formules susceptibles d'une application pratique immédiate. C'est le mémoire suivant.

Note sur la **Détermination de l'épaisseur minimum que doit avoir un mur vertical** d'une hauteur et d'une densité données, pour contenir un massif terreux, sans cohésion, dont la surface supérieure est horizontale, par M. J. Boussinesq, professeur à la Faculté des Sciences de Lille.

Notice sur les **Portes de l'écluse d'Ablon,** par M. Lavollée, ingénieur des ponts et chaussées.

Les portes de l'écluse d'Ablon, situées sur la haute Seine, ont dû être refaites en 1881, à cause des modifications apportées au barrage, par l'augmentation du tirant d'eau et l'exhaussement de la retenue dans les biefs d'amont et d'aval. Elles ont été faites dans un système qui diffère sensiblement de celui qui est employé ordinairement. On les a établies avec des cadres formés de pièces métalliques et un bordage en charpente.

Chaque vantail a 6^m,83 de largeur et 5^m,05 de hauteur. Le cadre est formé de quatre poutres en doubles T avec une entretoise de soulagement horizontale, une verticale et deux croisillons. Le bordage est fait en madriers de chêne de 4^m,55 de portée totale et de 0^m,10 d'épaisseur. Ces portes ont coûté 7,000 francs par vantail, non compris la vantellerie, ce qui fait à peu près 200 francs par mètre carré; ce prix aurait été moindre si on n'avait cru devoir renforcer les entretoises intermédiaires, de façon qu'elles pussent soutenir la porte dans le cas où les pièces principales seraient brisées.

Observations sur l'**Entretien et le cylindrage des chaussées d'empierrement,** par M. A. Debauve, ingénieur des ponts et chaussées.

M. Thanneur, ingénieur des ponts et chaussées, a donné précédemment (voir comptes rendus de février 1882, page 234) une note sur le cylindrage des chaussées d'empierrement, dans laquelle il se prononce contre la possibilité pratique du cylindrage à vapeur en dehors des villes. M. Debauve considère cette conclusion comme mal fondée; pour le prouver, il examine successivement les avantages et les inconvénients que présentent les deux systèmes de l'entretien par pièces et de l'entretien par rechargements généraux cylindrés et fait la comparaison des cylindres à traction de chevaux et des cylindres à vapeur.

Le premier système d'entretien est simple et donne un profil constant des chaussées, mais il occasionne des pertes de matériaux et cause une grande gêne au public; le second système est presque toujours économique et l'est d'autant plus que les matériaux sont plus coûteux; il mérite donc d'être étendu à toutes les voies de quelque importance.

Quant à la seconde question, M. Debauve, après avoir indiqué les objections faites à l'emploi des cylindres à vapeur et y avoir répondu, conclut que la preuve des avantages offerts par la machine à vapeur, toutes les fois qu'il s'agit d'un travail continu, est faite mille fois dans toutes les industries et dans l'agriculture même. Pourquoi ce qui donne ailleurs tant de facilités et d'économies ne réussirait-il pas dans les mains des ingénieurs? Le cylindrage à vapeur réalise un progrès incontestable et lorsqu'on considère l'outillage de l'entretien des routes, lorsqu'on voit encore presque partout les cantonniers enlever la poussière avec des balais primitifs ou gratter la boue avec des rabots en bois, lorsqu'on suppute tout le temps perdu par l'emploi des instruments défectueux, on est porté à se dire qu'il

reste beaucoup à faire en cette matière et que l'art de l'entretien des routes a bien des progrès à réaliser.

M. Debauve établit que les cylindres à vapeur employés dans le département de l'Oise ne grèvent, du fait des réparations, le mètre cube de matériaux que de 0 fr. 24, ce qui, ajouté au prix de traction, qui est de 0 fr. 92, donne 1 fr. 16 par mètre cube.

M. Thanneur donnant, pour la moyenne de l'arrondissement de Coulommiers, le chiffre de 2 fr. 05, que M. Debauve considère comme trop bas, la différence serait de 0 fr. 89 par mètre cube, de sorte que le rouleau à vapeur serait payé en trois ans par la seule économie réalisée.

Barrage de l'île Davis sur l'Ohio. — Note rédigée d'après des renseignements fournis par M. Mahan, capitaine du génie de l'armée des États-Unis.

La partie intéressante est le remplissage d'un batardeau par le corroi préalablement mis dans un état de fluidité suffisante et amené par une pompe centrifuge; on a pu ainsi introduire en 23 jours 4,500 mètres cubes de corroi solide, soit 19 à 20 mètres cubes à l'heure. L'état de fluidité du corroi au moment de son arrivée dans le batardeau lui permettait de pénétrer partout et dispensait de l'arrosage et du pilonnage; la terre employée était un mélange naturel de terre glaise et de sable; l'emploi de ce système a donné une économie de près de 40 pour 100.

JUILLET 1882.

Note sur la **construction du viaduc de Chastellux**, par M. Lavoinne, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Ce viaduc a été construit, de 1876 à 1878, dans le département de l'Yonne, sur la route départementale n° 7, d'Avallon à Lormes, pour l'amélioration de cette route qui présentait des pentes de 8 à 12 pour 100.

On devait établir un pont biais à deux arches de 20 mètres d'ouverture mais on ne trouva pas d'entrepreneur pour l'adjudication. Ce fut alors que M. Prevost, ancien conducteur des ponts et chaussées et fabricant de ciment à Avallon, proposa de remplacer le pont projeté par un viaduc de 11 arches et de 20 mètres de hauteur maximum en petits matériaux avec mortier de ciment de Vassy. Cette proposition fut acceptée et M. Prevost fut chargé de l'exécution,

Il y a 11 arches en plein cintre de $9^{m},50$ d'ouverture et de 20 mètres de hauteur au-dessus de l'étiage. L'emploi des pierres d'appareil a été limité aux plinthes des piles, des avant et arrière-becs et de couronnements des tympans, dont les faces supérieures forment trottoirs; celui des moellons d'appareil, aux parties des parements des piles sujettes à être atteintes par les eaux. Les corbeaux supportant les trottoirs, espacés de $0^{m},728$ d'axe en

axe, et de $0^m,185$ de largeur, sont en pierre artificielle en mortier dosé à 200 kilogrammes de ciment de Vassy et 500 de ciment de Portland pour $0^{mc},75$ de sable. Le surplus des maçonneries a été exécuté en moellons bruts de dimensions variables, maçonnés avec mortier de ciment.

La dépense a été de 92,112 francs, ce qui fait ressortir le prix par mètre superficiel en élévation au chiffre très bas de 48 francs. Le rapport du vide au plein est de 2, 74. La pression par centimètre carré sur le socle des fondations ne dépasse pas $5^k,5$.

Ce mode de construction, dans un grand nombre de cas où on n'a pas à se préoccuper de l'effet décoratif, peut rendre de grands services en donnant le moyen d'exécuter rapidement et économiquement, avec toutes les garanties de solidité et de durée désirables, les grands ouvrages de maçonnerie.

Note sur la **fabrication de l'acier** au moyen de fontes phosphoreuses aux usines du Creusot, par M. Delafond, ingénieur des mines.

Cette note a été rédigée à la suite de l'étude faite au Creusot de la fabrication de rails d'acier déphosphoré pour les chemins de fer construits par l'État.

Elle comprend l'examen des procédés de fabrication, soit au convertisseur, soit au four à réverbère, par les procédés basiques et celui de la qualité des produits.

Les conclusions de cette note sont les suivantes :

On peut dire que le problème de la fabrication de l'acier au moyen de fontes phosphoreuses est résolu, aussi bien au convertisseur Bessemer qu'au four à réverbère, grâce à l'emploi d'un revêtement de chaux magnésienne.

L'élimination du phosphore est aussi satisfaisante que possible; celle du silicium est presque complète et le soufre lui-même est expulsé en proportions notables.

Les aciers basiques sont plus purs que les aciers acides et présentent une composition plus uniforme.

Les essais mécaniques à la traction montrent que les résultats fournis par les aciers Bessemer basiques, sont sensiblement plus réguliers que ceux donnés par les aciers acides.

Les rails fabriqués avec ces deux variétés d'acier se comportent de la même manière aux épreuves statiques et dynamiques.

L'inconvénient que présentaient les soufflures des lingots, au début de la fabrication de l'acier basique, a été écarté en élevant la température du métal au moment de la coulée.

L'État a ainsi été conduit à accepter indifféremment, pour ces fournitures de rails, l'une ou l'autre des variétés d'acier.

Compte rendu des **Expériences hydrauliques**, faites à Roorkee

(Inde Anglaise), par le capitaine Allan Cunningham, par M. Flamant, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Ce sont des expériences faites, de 1874 à 1879, sur les conditions de l'écoulement de l'eau dans les canaux découverts.

Ces expériences ont été faites sur le canal du Gange dont la largeur est de 60 mètres, la profondeur de 3 mètres et le débit de 200 mètres cubes par seconde, et sur ses rigoles de distribution; elles n'ont pas coûté moins de 128,000 francs.

Cette note est accompagnée d'un grand nombre de tableaux.

ANNALES DES MINES.

2e livraison de 1882.

Mémoire sur la **Formation de la houille,** par M. C. Grand'Eury. (*Suite et fin.*)

Analyse synoptique des rapports officiels sur les **Accidents de grisou en France,** de 1817 à 1881, dressée au nom de la commission par MM. Petitdidier et Lallemand, ingénieur des mines.

Note sur la **Fabrication de l'acier,** au moyen des fontes phosphoreuses aux usines du Creusot, par M. Delafond ingénieur des mines.

Ce mémoire a été donné dans les *Annales des Ponts et Chaussées*, de juillet 1882. (Voir plus haut.)

Statistique de l'industrie minérale de la France.

Voici les chiffres qui résument cette statistique :

	1880	1881
Production des fontes.	1.725.293t	1.894.861
Production des fers.	965.751	1.019.170
Production des aciers.	388.894	418.094
Combustibles minéraux :		
Houilles et anthracite.	18.804.767	19.347.569
Lignites.	556.797	561.488
Totaux.	19.361.564t	19.909.057

Note sur un **Appareil employé à la descente des ouvriers**

dans les mines de Victoria (Australie), par M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE, ingénieur en chef des mines.

Cet appareil employé depuis longtemps sur les placers de Victoria et à peu près inconnu en Europe, a beaucoup de rapport avec l'appareil de M. Koepe, employé dans le bassin houiller de la Ruhr (voir Chronique de juillet, page 102). Les cordes qui servent à la descente des ouvriers se trouvent réunies par le bas par le moyen d'un sac rempli de sable et faisant contrepoids de manière à former une corde sans fin; l'adhérence sur le treuil s'obtient en faisant faire au câble deux ou trois tours, qui naturellement se déplaceront latéralement suivant les génératrices pendant le mouvement de rotation.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS.

6e LIVRAISON DE 1882.

Appareils hydrauliques pour la manœuvre du pont tournant Niederbaum à Hambourg, par H. Kaferstein, ingénieur, à Magdebourg.

Expériences au frein sur des turbines à la corderie mécanique d'Immenstadt, par M. A. Seeman, Privatdocent à l'école technique supérieure de Munich.

Le gaz à l'eau, par le professeur von Marx, de Stuttgart.

Turbines à haute pression, par M. J. Krumper, ingénieur à Augsburg.

Épuration des gaz et vapeurs, par les procédés de filtration de Möller, par le docteur Böckman, à Wyhlen.

Les locomotives du chemin de fer du Gothard.

Chauffage et ventilation.

Électro technique.

Construction des ponts.

Machines-outils.

Bibliographie.

7e LIVRAISON DE 1882.

Appareils hydrauliques pour la manœuvre des ponts tournants, par M. H. Kaferstein, à Magdebourg (*fin*).

Distribution de précision, système Proell, pour machines à vapeur, par par MM. Proell et Scharowsky, à Dresde.

Essai des matières lubréfiantes, par M. R. Jahns, ingénieur en chef du matériel, à Cologne.

Tiroirs à pistons pour machines à vapeur.

Construction des ponts.

Éclairage électrique du Savoy-Theatre, à Londres.

Pompes à air et à eau chaude pour machines à vapeur.

Chauffage et ventilation.

Expériences sur l'effet utile des locomotives, par M. Borodine, ingénieur en chef du matériel et de la traction, à Kiew.

Métallurgie du fer.

Changement de volume des métaux par la fusion.

Bibliographie.

Le Secrétaire-Rédacteur,

A. MALLET.

PARIS. — IMPRIMERIE E. CAPIOMONT ET V. RENAULT, RUE DES POITEVINS, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

uena
cha
An

ue na

ha

An

ue n

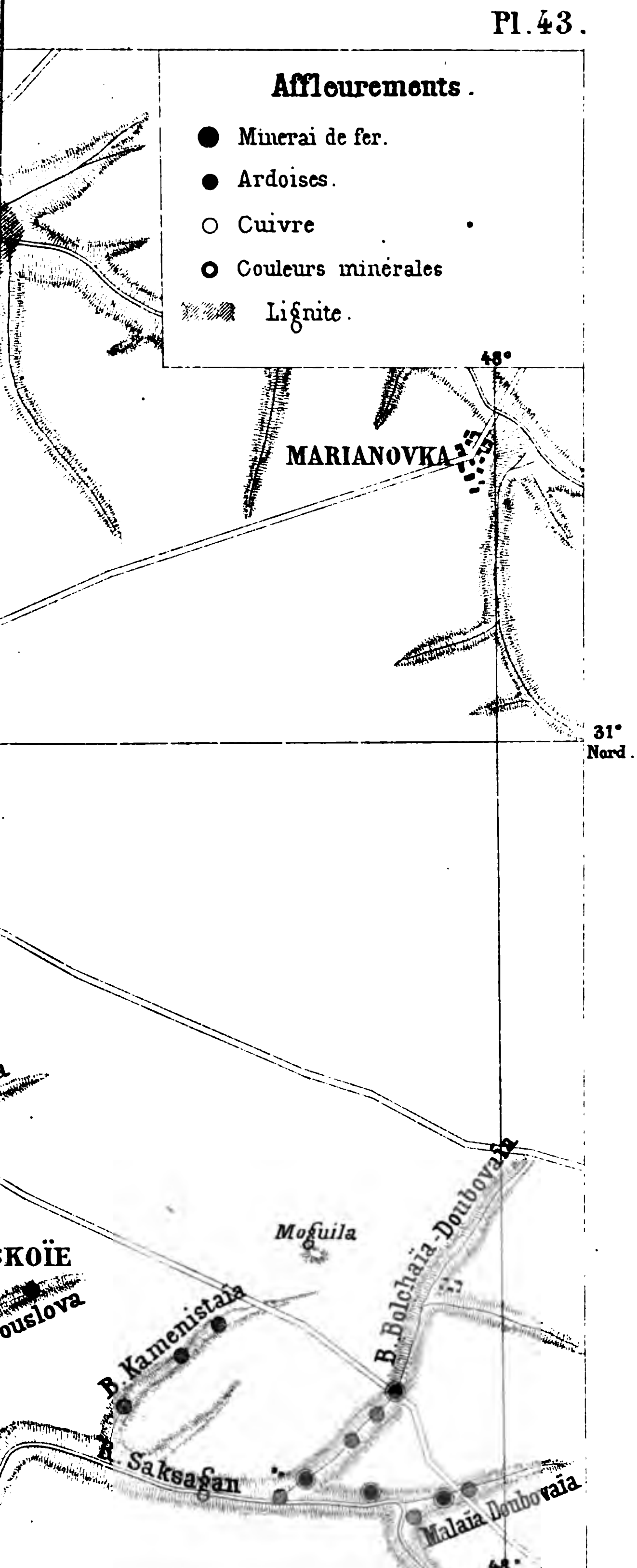
ha





ue na
ha

An


Affleurements.
Minerai de fer.
Ardoises.
Cuivre
Couleurs minérales
Lignite.
48°
MARIANOVKA
31°
Nord.
Moguila
B. Bolchaïa-Doubovaïa
SKOÏE
Souslova
B. Kamenistaïa
R. Saksagan
Malaïa Doubovaïa
48°

Surfac

Sectio

Cube d'a

Cube d

roupe

3 40

P

1/

Surface

Section

Cube d'air

Cube d'a

oupe

. 4o

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

SEPTEMBRE 1882

N° 9

Pendant le mois de septembre, la Société a reçu :

De M. Amédée Marteau, un exemplaire de son rapport sur le *chemin de fer du Saint-Gothard, son influence au point de vue des intérêts français*.

De M. de Coene, membre de la Société, un exemplaire de son rapport adressé à MM. les Ministres de la Marine et des Travaux Publics, *pour obtenir l'achèvement de l'établissement maritime de la Seine*.

De M. Chaillou, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure intitulée : *Chemins de fer d'intérêt local et tramways, commentaire de la loi du 11 juin* 1880.

De M. Jouve, membre de la Société, un exemplaire de son rapport sur les *recherches de pétrole de la presqu'île de Kirtsch*.

De M. Fortin, membre de la Société, un mémoire sur l'*exploitation industrielle de la mise en valeur des mines de blende* (*sulfure de zinc*), *dans les mines du plateau de Liat, vallée d'Aran* (*Espagne*).

COMMUNICATION

SUR LE PROJET DE

LOI SUR LES BREVETS D'INVENTION

AU BRÉSIL

APPROUVÉ PAR LE SÉNAT, LE 21 AVRIL 1882

PAR M. D. A. CASALONGA

Au premier abord cette communication paraîtra, à quelques-uns, un peu en dehors des questions qui, d'ordinaire, intéressent les ingénieurs ; mais, en y regardant bien, chacun de vous reconnaîtra, je l'espère, qu'elle se lie étroitement à la série de vos travaux.

Être Ingénieur n'est-ce pas avoir l'esprit ingénieux, *inventif?* N'est-il pas l'ingénieur véritable celui qui imagine ces combinaisons qui font avancer les progrès industriels des peuples civilisés ?

Aussi presque tous les peuples ont trouvé juste de protéger, par des privilèges temporaires, les droits que les inventeurs acquièrent par les services qu'ils rendent à la société, pendant la durée du privilège même, et surtout après son expiration.

Cependant, et de nos jours encore, plus d'un économiste a vu, dans ce privilège exclusif, une injuste entrave à l'industrie. Chez nous-mêmes, Michel Chevalier a été jusqu'à dire que les brevets constituaient *un outrage à la liberté et à l'industrie*... que *tous les amis du progrès industriel et social devaient unir leurs efforts pour délivrer l'industrie d'entraves, restes surannés du passé*, et que *les brevets devaient disparaître les premiers*.

Beaucoup de bons esprits ont protesté contre cette diatribe plus théorique que pratique, et parmi eux, avec Mᵉ Pouillet, du barreau de Paris, il faut citer notre distingué collègue, M. Barrault, qui a soutenu avec force que *la liberté de l'industrie, par la suppression des brevets, serait l'oppression de l'industrie par le monopole de la richesse.*

Je crois bien que tous ceux de nos autres Collègues qui s'occupent spécialement des questions si ardues de la propriété industrielle doivent penser que le véritable libéralisme en industrie doit en effet consister à affranchir celle-ci, autant que possible, de toute entrave, mais sans pour cela dépouiller le véritable inventeur, lequel rend toujours à l'industrie un service dont il lui est dû une juste rémunération.

Parmi les pays qui les premiers ont reconnu les droits de l'inventeur, il faut citer l'Angleterre, les États-Unis, la France. D'autres ont suivi avec plus ou moins d'entraînement. Il en est qui ont encore résisté jusqu'ici, comme la Suisse où, cependant, une loi sur ce sujet est à l'étude[1]. Il en est même, comme la Hollande, qui après avoir reconnu ces droits les ont ensuite méconnus, en supprimant la législation qui les protégeait.

Depuis quelques années, grâce surtout aux Expositions universelles, et malgré les résistances de certains soi-disant protecteurs de l'industrie, qui ont réussi néanmoins à mettre quelques entraves aux droits des inventeurs, un grand mouvement s'est fait en faveur des brevets d'invention. C'est à ce mouvement que l'on doit la loi du 11 octobre 1864, dans la République Argentine ; celle en Portugal, du 22 mars 1868 laquelle, par un anachronisme inexplicable, n'est pas encore appliquée ; la loi allemande, du 27 juillet 1877 : celle qui y est subordonnée, dans le grand-duché du Luxembourg ; la loi espagnole, qui a fait ici même l'objet d'une brillante communication de M. Barrault ; enfin le nouveau projet de loi brésilienne, dont je vais sommairement vous entretenir.

Il m'a semblé, pour ne pas retenir trop longtemps votre attention, que je devais me dispenser de vous lire cette loi, dont le texte sera bientôt sous vos yeux. En plus d'un point elle a, d'ailleurs, une grande similitude avec plusieurs lois européennes et notamment avec la loi française du 5 juillet 1844. Les conditions relatives à la *brevetabilité*, à la *nullité*, à la *déchéance*, à la *contrefaçon*, y sont, à très peu près, les mêmes. La durée du brevet est de quinze ans ; les taxes sont progressives ; 20 $ la première année, 30 $ la deuxième, 40 $ la troisième et ainsi de suite (le milreiss vaut 2 fr. 50 environ).

Je m'arrêterai donc seulement, en passant, à l'examen de quelques

1. Le projet soumis par le Conseil fédéral à la nation suisse vient d'être repoussé par 10,000 voix de majorité, dues en grande partie à la population agricole. La Suisse continuera donc à être privée d'une loi sur les brevets.

paragraphes qui se retrouvent dans d'autres législations ou qui sont nouveaux, et qui, pour la plupart, sont restrictifs.

1°. — A l'article 1er, § 1, il est stipulé que l'on considérera comme inventions celles qui ont pour objet de *nouveaux produits*, de *nouveaux moyens*, l'*application nouvelle* de *moyens connus*, enfin les *perfectionnements* à une invention quelconque *déjà privilégiée*.

Il semblera qu'il devrait importer peu que l'invention qui reçoit un perfectionnement *fût privilégiée ou non*. Cependant cette restriction paraît être dans l'esprit du législateur brésilien, car la loi distingue justement entre la *patente de perfectionnement* (art. 1er, § 1, IV) et le *certificat d'addition :* et à l'article 3, § 3, il est dit que *la patente de perfectionnement ne vaut qu'autant que l'invention principale a de la valeur*.

2°. — Un brevet peut être restreint ou exproprié pour cause d'utilité publique. Ce principe est posé dans diverses législations. Nous avouons n'en pas reconnaître l'utilité et nous n'en connaissons aucun exemple d'application.

3°. — L'inventeur étranger pourra, non seulement obtenir une patente à l'égal d'un Brésilien, mais encore il jouira d'un privilège de six à sept mois pendant lesquels, encore même que son invention ait été connue, appliquée, publiée, il pourra valablement faire sa demande. Il faut toutefois pour cela qu'il y ait *réciprocité internationale* avec le pays auquel appartient l'inventeur.

On ne voit pas bien ce qui peut s'entendre ici par *réciprocité internationale*.

Le fait qu'une puissance accorde un brevet, d'après une loi déterminée, à un étranger comme à un régnicole, ce fait constitue-t-il la réciprocité? Ou bien faudrait-il que le brevet fût accordé, par cette puissance, avec le même privilège de six à sept mois que veut accorder le Brésil?

Dans le premier cas, seraient actuellement exclus de cette faveur, les seuls nationaux hollandais, suisses et grecs.

Dans le second, les nationaux de toutes les puissances européennes seraient exclus, car les États-Unis seuls accordent à l'inventeur un privilège semblable.

Peut-être comprendrait-on encore que la *réciprocité internationale* résulterait d'une convention diplomatique? Mais alors il faudrait regretter, ainsi qu'on l'a fait pour les marques de fabrique, que l'on subordonnât l'application d'une loi, dont le caractère est d'être immuable, à des conventions diplomatiques d'un caractère essentiellement limité ou éphémère.

Le mieux ne serait-il pas que la condition de réciprocité n'existât pas dans la loi? Le régime de la réciprocité, que l'on peut presque assimiler à celui des représailles, ne paraît guère applicable, et il semble que le législateur doit plutôt s'attacher à faire une loi aussi libérale et parfaite que possible, sans tenir compte de la réciprocité.

Faudrait-il, par exemple, parce que les taxes sont ou deviennent très élevées, en Russie, en Angleterre, en Allemagne, imposer aux inventeurs russes, anglais, allemands, le payement de taxes plus élevées que pour les inventeurs de la Belgique, de l'Italie, de l'Espagne, où elles sont notablement inférieures. Nous ne le pensons pas.

Une loi sur les brevets d'invention, pour répondre aux intérêts du pays où elle doit s'appliquer, doit être libérale par elle-même, en évitant les restrictions qui, la plupart du temps, ouvrent la porte à l'arbitraire ou sont un sujet de confusion. Il est d'ailleurs à remarquer que ces restrictions sont presque toujours attribuables à ceux qui, méconnaissant les droits et les devoirs respectifs de l'inventeur et de la société, sont hostiles à l'institution des brevets.

4° La loi brésilienne n'accorde pas de protection provisoire comme le font, sous des formes et des désignations diverses, l'Angleterre, les États-Unis, la République Argentine. Mais le Gouvernement peut conférer un titre provisoire à tout inventeur désireux d'expérimenter son invention en public, ou dans une exposition officielle ou reconnue telle, et de formuler ensuite sa demande. Ce privilège est précieux; seulement la durée en est laissée à la libre appréciation du Gouvernement.

5° La loi que nous examinons n'exclut pas du brevet les *produits chimiques*, les *substances alimentaires*, que repousse notamment la loi allemande. Elle admet même, ce que ne fait pas, à tort selon nous, la loi française, les *produits pharmaceutiques*. Elle soumet seulement les brevets qui se rapportent à ces substances et produits, comme les autres brevets d'ailleurs, à un *examen préalable* et *secret*, pour s'as-

surer que la santé, l'hygiène, la sécurité publiques n'ont pas à en souffrir. En cas de refus l'inventeur a recours au conseil d'État.

On peut donc dire, et il faut l'en féliciter, que le législateur brésilien repousse le principe de l'examen préalable tel qu'il est institué aux États-Unis et en Allemagne, dans le but de juger si une invention est réelle, nouvelle, utile.

Par contre, il adopte le principe, que l'on ne trouve dans aucune autre législation, de l'*examen* POSTÉRIEUR, OBLIGATOIRE et *public*, et c'est peut-être le point le plus important de la loi, pour ne pas dire le plus rigoureux.

« Si ensuite de l'examen ordonné, lit-on § 2, article 4, ou de la pratique postérieure de l'invention, il est démontré que cette invention n'entre pas dans les dispositions du § 1, article 1er de la présente loi, les documents et pièces qui constituent l'infraction seront remis au procureur des actes publics pour provoquer l'annulation de la patente ou prêter son assistance à *quiconque* désire la provoquer ou a déjà commencé à la provoquer. »

Tout brevet se trouverait donc placé entre un examen préalable secret, limité, paraissant assez bénin, et un autre examen postérieur, public, obligatoire, sévère, imposé à l'Administration et aux tribunaux et pouvant être provoqué par quiconque le désire. La qualité d'intéressé, bien que stipulée plus loin (art. 5, § 3), n'est même pas exigée dans ce paragraphe.

Nulle part, et notamment en France, dès lors qu'aucun intéressé ne proteste, ni l'Administration, ni les tribunaux, ne prennent l'initiative de l'annulation. Et il apparaîtra clairement que l'abstention de ces deux pouvoirs est bien préférable à leur ingérence alors qu'aucun intéressé ne se trouve lésé.

Au point de vue pratique le système brésilien oblige à examiner tous les brevets délivrés ou presque tous ; alors que dans le système général des autres législations, avec ou sans examen préalable, l'examen ne porte que sur un nombre limité d'inventions, ayant déjà produit un effet utile, ayant déjà engagé des intérêts divers et qui méritent les garanties d'une étude sérieuse qu'offrent alors les tribunaux, aidés par des experts compétents.

Nous avons eu beau chercher les mérites de l'examen postérieur, comme nous avons cherché en vain ceux de l'examen préalable, nous n'avons pu en trouver de sérieux ni dans l'un ni dans l'autre; et le

mieux, pour toute administration soucieuse de son indépendance et de sa réputation, est de laisser libres à la fois, l'inventeur et l'industrie, en laissant aux deux parties le soin de déférer aux tribunaux compétents le règlement des différends qui pourraient surgir entre elles.

Quels seraient d'ailleurs le résultat et les conséquences de l'examen postérieur, impraticable, du reste, dès que le nombre des brevets atteindrait un certain chiffre? Aurait-il pour effet de constater l'inefficacité de l'invention? Mais l'industrie n'est-elle pas un meilleur juge pour l'adopter ou la repousser? Constaterait-il au contraire le défaut de nouveauté? Mais là encore, si personne ne se plaint, où voit-on la justice à empêcher une invention utile de se propager, ou de priver celui qui l'a mise en exploitation d'en retirer un bénéfice.

Il est si vrai qu'il n'y aurait pas justice à le faire que l'on a vu souvent l'industrie tenir compte, volontairement, à de prétendus inventeurs, des efforts de temps et d'argent qu'ils avaient dû faire pour affirmer et constater des résultats que l'on avait simplement indiqués comme pouvant être obtenus par des moyens connus.

On voit aussi certains pays admettre comme nouvelle, toute invention connue ailleurs que chez eux, tels l'Allemagne, l'Angleterre plus encore, la Belgique, etc.

D'autres, comme l'Autriche-Hongrie, vont jusqu'à admettre la brevetabilité d'une invention tombée depuis longtemps en désuétude.

Et le législateur d'aujourd'hui, ainsi que le témoignent les efforts que l'on fait en Angleterre, en vue de la loi nouvelle qui s'y prépare pour les patentes, semble tout disposé à entrer dans cette voie.

Cette tendance à reconnaître comme un service, l'apport que fait l'inventeur d'une invention connue, mais oubliée et inappliquée, ne se trouve-t-elle pas, en grande partie, sanctionnée par notre loi française, accordant valablement un brevet pour toute *application nouvelle d'un moyen connu ;* pourvu qu'une telle application ne se confonde pas avec le simple *emploi*.

Quant à l'*examen préalable*, tel surtout qu'il est pratiqué par les États-Unis, l'Allemagne et, à un moindre degré, par certains autres pays, il ne nous paraît pas moins se prêter à de nombreuses et graves critiques, et, malgré qu'il soit encore vanté par des hommes de science et de grandes lumières, parmi lesquels figure un de nos éminents collègues, M. Ch. Laboulaye, cet examen, généralement sommaire et imparfait, souvent erroné dans ses déductions, n'a jamais servi qu'à

augmenter les tracas et les dépenses de l'inventeur, sans lui procurer la moindre garantie, et sans avoir jamais procuré à l'industrie elle-même, aucun des avantages que l'on a ainsi prétendu lui assurer.

Il me reste à faire remarquer en terminant que, dans le projet brésilien, il est accordé au premier inventeur, comme en France, un privilège pour perfectionner son œuvre pendant la première année. Le délai d'exploitation est de trois ans, sans que l'interruption soit de plus d'une année. L'introduction de l'étranger est défendue à moins que le concessionnaire, ayant déjà une fabrique dans l'Empire, pratique l'introduction d'un État ayant avec le Brésil une *convention de réciprocité* qui permette cette importation. Il y est exigé, comme dans la plupart des législations récentes, que des *revendications précises* soient posées par l'inventeur; mais il n'est pas stipulé, comme dans la loi anglaise, si dangereuse à cause de cela, qu'une revendication mal fondée entraînera la chute de la patente toute entière.

Enfin, la contrefaçon est réglée par deux juridictions, l'une correctionnelle pour les peines et les amendes; l'autre consulaire, toutes les questions de dommages-intérêts, de nullité, de déchéance, étant du ressort des tribunaux de commerce.

Cette disposition nous a paru accuser une tendance heureuse, en faisant intervenir, pour apprécier des questions généralement techniques, des hommes spéciaux; et il n'est pas défendu d'admettre que l'action correctionnelle pourrait être suspendue jusqu'au règlement de l'action commerciale.

On a craint toutefois que les juges spéciaux, notamment les juges consulaires, ne fussent entraînés vers la partialité, par leurs propres intérêts que pourraient léser certaines inventions.

C'est pourquoi des tribunaux mixtes, formés de magistrats et de spécialistes désintéressés, nous paraîtraient offrir plus de garanties, surtout si l'on conserve l'expertise.

Mais aucune juridiction ne nous paraîtra vraiment complète, efficace et prompte, en matière de brevets d'invention, qu'autant que, suivant la pensée heureuse exprimée déjà, croyons-nous, par nos très estimés collègues, MM. Armengaud, elle sera précédée par un tribunal spécial de conciliation. Et nous ajoutons que, devant ces premiers juges, l'intervention de l'avocat ne devrait pas être exigée. Cette intervention a,

au contraire, sa raison d'être, devant une juridiction d'un degré plus élevé en raison des questions de droit. Toutefois l'inventeur devrait dans tous les cas être plus facilement admis, directement ou par mandataire spécial, à défendre l'invention, objet des débats.

En résumé, le projet de loi adopté par le Sénat brésilien, sur les brevets d'invention, nous paraît susceptible d'être amélioré, expliqué, complété. On ne peut que désirer qu'un grand empire comme le Brésil soit doté, au plus tôt, d'une loi libérale, protectrice des inventeurs sans nuire à l'industrie. Celle qui y a été appliquée jusqu'ici, depuis 1830, offrait plus d'un défaut. Censée gratuite, la patente ne pouvait s'y obtenir que moyennant le payement de timbres s'élevant à 300 ou 500 $ (750 à 1,250 fr.). Mais ce qui surtout constituait un anachronisme inexplicable, c'est qu'un inventeur, pour obtenir une patente, devait la solliciter avant de l'avoir demandée dans aucun autre pays, sinon il ne pouvait prétendre qu'à un prix, pour prime d'introduction, dont le montant était apprécié par le Gouvernement et voté par les Chambres. Or celles-ci n'ont jamais voté un crédit pour cet objet ; de sorte que toutes les demandes faites au Brésil, postérieurement à d'autres demandes faites en pays étrangers, ont dû être retirées, abandonnées, ou sont encore en souffrance. Il en est une d'un nom qui vous est bien connu, celle de M. Edison, qui est en instance depuis plus de trois ans.

Tels sont, Messieurs, les points principaux de la loi dont on espère une prochaine application au Brésil, telles aussi les considérations générales, qu'à son propos, j'ai cru pouvoir vous exposer. Je voudrais vous avoir convaincus de l'utilité considérable qu'il y a pour l'industrie à être dotée de bonnes lois sur les brevets d'invention, conçues dans un esprit libéral pour l'inventeur, appuyées de règlements précis et enfin appliquées par des juges intègres et compétents. Je voudrais aussi vous avoir persuadés que les diverses législations, sur ces matières, réagissent les unes sur les autres et que leur examen comparé offre plus d'un important sujet d'étude et montre l'utilité qu'il y aurait à en uniformiser autant que possible les dispositions variées.

PROJET DE LÉGISLATION BRÉSILIENNE

SUR LES BREVETS D'INVENTION

(AVRIL 1882)

Dans sa séance du 21 avril 1882, le Sénat brésilien a eu à s'occuper en deuxième lecture de la discussion du projet n° 159, élaboré en 1880 par la Chambre des députés, réglant la concession des brevets ou patentes d'invention.

Après avoir été, sans discussion, mis aux voix, le projet de loi est rejeté, et immédiatement le Sénat lui substitue, en l'approuvant, le projet suivant, élaboré par la Commission des travaux et des entreprises privilégiées :

Article 1er.

Les inventeurs jouissent de la propriété de leurs découvertes ou de leurs productions. La loi leur assure un privilège exclusif temporaire en dédommagement de la perte qu'ils ont à subir par le fait de leur *vulgarisation*. (Constitution, art. 179, § XVI.)

§ 1. — Seront considérés comme inventeurs, pour jouir des effets de la présente loi, les nationaux ou les étrangers, résidant ou non dans l'Empire, qui auront donné naissance à des découvertes ou à des produits, c'est-à-dire à des inventions comprises dans l'une des catégories suivantes :

I. — Nouveaux produits industriels.
II. — Nouveau moyens; ou
III. — Applications nouvelles de moyens connus pour obtenir des produits ou des résulats industriels.
IV. — Perfectionnements à une invention quelconque déjà privilégiée.

Seront considérés comme nouveaux les produits, moyens, applications ou perfectionnements industriels qui, au moment de la demande du privilège, n'auront pas été, ni au dedans, ni au dehors de l'Empire, mis en

œuvre[1] ou usités, ni qui auront été décrits ou publiés de telle manière qu'ils puissent être mis en œuvre ou usités.

§ 2. — Sont exclus des catégories du paragraphe précédent les inventions qui sont :

1° Contraires à la loi ou à la morale;
2° Contraires ou nuisibles à la sécurité ou la santé publiques;
3° Simplement théoriques, c'est-à-dire, sans résultat pratique industriel.

§ 3. — Les droits des inventeurs seront établis par une patente délivrée, avec la signature de l'Empereur, par le ministre des départements de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, après qu'il aura été satisfait aux formalités de la présente loi et de ses règlements.

§ 4. — Le privilège exclusif de l'invention principale (le brevet d'invention) aura une durée de 15 ans, à compter de la date de la patente. La durée du privilège de perfectionnement (certificat d'addition) sera celle du temps qui reste à courir pour l'invention principale.

Si pendant l'existence du privilège la nécessité ou l'utilité publiques exigent une plus grande vulgarisation de l'invention, ou son usage exclusif par l'État, la patente pourra être expropriée par l'accomplissement des formalités de la législation en vigueur.

§ 5. — Les droits de l'inventeur sont transmissibles par les mêmes moyens que les droits de propriété.

Art. 2.

Les inventeurs déjà privilégiés en pays étrangers pourront obtenir la reconnaissance de leurs droits dans l'Empire, et conséquemment une protection égale à celle accordée aux nationaux, en tant qu'ils auront satisfait aux formalités et conditions imposées par la présente loi et par les autres dispositions en vigueur.

§ 1. — Sera également garanti, *dans le cas de réciprocité internationale*, le droit de propriété de tout inventeur qui, ayant présenté régulièrement une demande de privilège en pays étrangers, présentera une demande identique au gouvernement impérial, dans un délai de six à sept mois.

1. On ne peut guère traduire autrement les deux mots presque synonymes *impregados* ou *usados*.

Nous avons généralement traduit par les mots : *brevets d'invention*, *certificats ou brevets de perfectionnement*, les mots *privilégio*, *patenta de invencao*, *certificado de melhoramento*. en employant indifféremment ces diverses désignations qu sont respectivement synonymes.

Cette garantie consiste en ce que le droit à la priorité ne sera pas invalidé par les faits qui seraient survenus dans l'intervalle compris entre les demandes. Tels sont, outre la demande semblable, la publication de l'invention et aussi son usage ou sa mise en œuvre.

§ 2. — Les inventeurs qui, avant d'obtenir une patente, préféreront essayer ou expérimenter en public leurs inventions, ou désireront les montrer dans une exposition officielle, ou officiellement reconnue, auront droit à la garantie de leur propriété, en demandant un *titre provisoire* qui sera conféré par le gouvernement pour le temps et sous les formalité que celui-ci jugera convenables.

§ 3. — Pendant la première année du privilège du brevet, l'inventeur seul jouira, avec ses successeurs légitimes, du privilège de perfectionner sa propre invention. Il sera néanmoins permis aux tiers de présenter leurs demandes, dans ledit espace de temps, afin d'assurer leurs droits (*s'il y a lieu*).

L'inventeur d'un perfectionnement ne pourra pas faire usage de l'invention perfectionnée sans l'autorisation de l'inventeur principal, ni celui-ci employer le perfectionnement sans une entente préalable avec l'auteur de ce perfectionnement.

§ 4. — Si deux individus ou plus, demandent en même temps un privilège pour une invention identique, le gouvernement, sauf dans le cas de l'art. 2, § 1, demandera que la question de priorité soit d'abord réglée à l'amiable ou par la juridiction compétente.

Art. 3.

Les inventeurs qui voudront obtenir une patente, déposeront dans tel bureau administratif désigné par le gouvernement, sous pli fermé et scellé, et en double expédition : une description en langue nationale, décrivant avec précision et clarté l'invention, son but et sa mise en œuvre; ainsi que les plans, dessins, modèles et échantillons nécessaires pour la connaissance exacte de l'invention et l'intelligence du mémoire descriptif, de manière qu'un homme de profession, ou un expert dans la matière, puisse obtenir ou appliquer le résultat, le moyen ou le produit industriel dont il s'agit.

La description devra conclure par la détermination revendicative explicite des points ou caractères constitutifs du prétendu privilège; et sur ces points ou caractères seulement portera l'usage exclusif garanti par la patente dans laquelle cela sera déclaré.

§ 1. — Avec le pli à déposer sera présenté la demande qui devra être limitée à une seule invention et en spécifiera la nature, le but, les applications, le tout en parfaite conformité avec la description et les pièces déposées.

§ 2. — Si la demande portait sur des objets paraissant être en opposition avec les indications du § 1 de l'art. 1er de cette loi; ou si elle avait pour objet des produits alimentaires, chimiques ou pharmaceutiques, le gouvernement ordonnera que l'un des deux exemplaires déposés soit soumis à l'examen *préalable et secret*, conformément aux règlements établis; et suivant le résultat de ces examens la patente sera ou non délivrée.

Dans le cas où la patente serait refusée, l'inventeur pourra recourir au conseil d'État.

§ 3. — En dehors des cas mentionnés dans le paragraphe précédent, le brevet sera délivré *sans examen préalable*. Sur ce brevet on désignera toujours, d'une manière sommaire, l'objet du privilège, sous réserve du droit des tiers et de la responsabilité du gouvernement, quant à la nouveauté, à l'utilité de l'invention, en outre de la restriction de la deuxième partie du premier paragraphe du présent article.

La patente de perfectionnement contiendra la clause qu'elle ne vaut qu'autant que l'invention principale a de la valeur.

Pour toute invention déjà brevetée hors de l'Empire, il sera déclaré qu'elle ne vaut qu'autant que le brevet étranger subsiste, sans que toutefois la durée de 15 ans stipulée au § 4 de l'art. 1er puisse être excédée.

§ 4. — En outre des dépenses et émoluments qui seront fixés, les concessionnaires de patentes payeront une taxe annuelle et progressive de 20 milreiss pour la première année, de 30 milreiss pour la seconde, de 40 milreiss pour la troisième et ainsi de suite, l'annuité augmentant toujours de 10 milreiss sur l'annuité précédente, pendant la durée du privilège.

Dans aucun cas, les annuités ne seront restituées par le Trésor national.

§ 5. — A l'inventeur déjà breveté qui perfectionnera sa propre invention, il sera délivré un certificat de perfectionnement qui sera annexé au brevet respectif.

Pour le certificat, l'inventeur payera une fois pour toutes la somme correspondante à l'annuité venant à échéance.

§ 6. — Les mutations ou cessions des brevets d'invention et certificats d'addition, ne produiront leurs effets qu'autant qu'elles auront été enregistrées au secrétariat d'État du Ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics.

Art. 4.

Après le dépôt de la demande et des pièces du brevet, et dans le délai maximum de trente jours, il sera procédé à l'ouverture des plis déposés conformément aux formalités que les règlements fixeront.

La description sera immédiatement publiée dans le *Diaro official*, et un

des deux exemplaires de chaque dessin, plan, modèle ou échantillon, sera exposé dans un local approprié, accessible au public et à l'étude des intéressés, et il sera permis d'en relever ou d'en recevoir copie.

§ 1. — Sur l'autre des deux exemplaires de chaque dessin, plan, modèle ou échantillon, et dans le cas où il n'y aurait pas eu matière à examen préalable, d'après les termes du § 2 de l'art. 3 de la présente loi, le gouvernement ordonnera les *expériences nécessaires* à la *vérification* des *qualités* et *conditions exigées* pour la *validité du privilège*, de la même manière que pour l'examen préalable, *moins le secret.*

§ 2. — Si ensuite de *l'examen ordonné*, ou de la *pratique postérieure de l'invention*, il est démontré que cette invention n'entre pas dans les disposition du § 1 de l'art. 1er de la présente loi, les documents et pièces qui constituent l'infraction seront remis au Procureur des actes publics pour provoquer l'annulation de la patente ou prêter son assistance à quiconque désire la provoquer ou a déjà commencé l'action compétente pour cela.

ART. 5.

Un brevet cesse d'exister et n'a aucun effet s'il est frappé de nullité ou de déchéance.

§ 1. — Est nul un brevet, s'il est prouvé :

1° Que l'invention est contraire à la loi ou à la morale.

2° Qu'elle est nuisible à la sûreté ou à la santé publiques.

3° Qu'elle est simplement théorique, c'est-à-dire sans application pratique industrielle.

4° Qu'elle n'est pas nouvelle (art. 1er, § 1).

5° Que la priorité n'en appartient pas aux concessionnaires.

6° Que le concessionnaire ne fit pas une description réelle, ou fit dans la description une omission volontaire d'une partie essentielle de l'invention, relativement à son objet ou à sa manière d'être utilisée (art. 3, paragraphe initial).

7° Que le titre de l'invention est frauduleusement différent de son objet réel.

8° Que le perfectionnement n'a pas de rapport direct avec l'invention principale, et peut constituer une invention séparée, ou que le perfectionnement a été précédé par un premier inventeur privilégié en vertu de la préférence établie par l'art. 2, § 3 de la présente loi.

§ 2. — Une patente sera déchue dans les conditions suivantes :

1° Si le concessionnaire ou breveté ne met pas son invention en exploitation effective, dans le délai de trois années, comptées à partir de la date du brevet, ou 2° si ledit concessionnaire interrompt l'exploitation effective

de l'invention, pendant plus d'une année, sauf le cas de force majeure, admise et jugée telle par le gouvernement, le conseil d'État entendu.

On entend par application, dans ces deux cas, la préparation, la fabrication ou l'application, dans l'Empire, des produits industriels qui forment l'objet de l'invention et dans un rapport convenable avec la consommation.

S'il est prouvé que la production de ces produits est évidemment insuffisante pour satisfaire aux exigences de la consommation, le gouvernement pourra restreindre le privilège à une zone déterminée.

3° Si le concessionnaire n'ayant pas de fabrique dans l'Empire introduit directement ou indirectement des produits faisant l'objet du brevet, fabriqués en pays étrangers.

4° Si le concessionnaire ayant une fabrique dans l'Empire introduit les produits brevetés, d'un État avec lequel le Brésil n'a pas de convention de réciprocité qui permette cette importation.

5° Si le concessionnaire ne paye pas l'annuité dans le délai prescrit.

6° Si le concessionnaire qui réside hors de l'Empire n'a pas constitué un représentant notoirement capable pour le représenter d'une manière passive ou active devant le gouvernement et en justice.

7° Si le concessionnaire renonce expressément à la patente.

8° Si, quelle que soit la cause, la patente prise à l'étranger, sur la même invention brevetée dans l'Empire, vient à cesser.

9° Si la durée du privilège est expirée.

§ 3. — La nullité d'une patente ou d'un certificat de perfectionnement sera déclarée par sentence judiciaire.

La juridiction compétente est la juridiction commerciale.

Le siège de cette juridiction est celui-là même de la capitale de l'Empire.

La procédure est le sommaire du décret n° 737 de 1850.

Sont compétents pour provoquer l'action en nullité, le procureur des affaires publiques et ses auxiliaires, ou *tout intéressé* avec l'assistance de ce fonctionnaire.

L'action en nullité étant commencée en vertu du précédent article, § 1, n°s 1 et 2, les effets de la patente seront suspendus, et conséquemment tout usage ou emploi de l'invention, jusqu'à la décision finale.

Si le brevet n'est pas annulé, le breveté sera remis en pleine jouissance dudit brevet pendant la durée intégrale du privilège.

§ 4. — La déchéance des patentes sera déclarée par le ministre et secrétaire d'État aux départements de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, avec recours au conseil d'État, ledit ministère devant fournir les documents et preuves nécessaires.

ART 6.

Seront considérés comme contrefacteurs du privilège :

1° Ceux qui, sans autorisation du breveté, useront de son invention, en employant les produits, moyens et perfectionnements, ou en appliquant ce qui fait l'objet du privilège.

2° Ceux qui fabriqueront des produits qui seraient la contrefaçon de ceux qui font l'objet du privilège.

3° Ceux qui, sciemment, exposeront en vente, vendront ou importeront dans l'Empire de tels produits.

4° Ceux qui recevront, recèleront ou achèteront les mêmes produits, sachant, ou devant savoir, qu'ils sont contrefaits ou imités.

§ 1. — Les auteurs et complices de la contrefaçon seront jugés d'après les règles, et punis suivant les peines prévues par l'article 300 du Code criminel, en outre de l'amende de 5 à 25 pour 100 du dommage causé, ou qui pourrait être causé en faveur du concessionnaire.

§ 2. — Seront considérées comme aggravantes les circonstances suivantes :

1° Si le contrefacteur est, ou a été, employé ou ouvrier dans les établissements du concessionnaire de la patente.

2° Si le contrefacteur s'est associé avec un employé ou ouvrier du concessionnaire pour obtenir la connaissance des faits qui lui ont permis de pratiquer ladite invention privilégiée.

§ 3. — Les instruments employés à la contrefaçon ou à l'imitation des produits de l'invention privilégiée, et ceux de ces deux instruments qui auront été saisis, seront adjugés au concessionnaire de la patente, dans le même jugement qui condamnera les auteurs de la contrefaçon.

§ 4. — La connaissance des faits de contrefaçon appartiendra aux juges de droit du ressort où ces faits auront lieu; il incombera à ces juges d'expédier les mandats de perquisition, de saisie, d'emprisonnement et toutes autres diligences préparatoires de la procédure, laquelle sera réglée par la loi n° 562 du 2 juillet 1850, et les dispositions réglementaires qui y sont applicables.

§ 5. — Cette procédure ne préjuge en rien l'action en dommages et intérêts que les concessionnaires pourront intenter, étant entendu que la juridiction commerciale est celle qui est compétente pour toutes les causes relatives aux privilèges industriels.

ART 7.

Dans l'expédition des règlements pour l'exécution de la présente loi, le gouvernement pourra menacer des peines de la prison simple jusqu'à trois mois et d'une amende pouvant s'élever jusqu'à 500 milreiss.

ART. 8.

Les brevets d'invention déjà concédés continuent à être régis par la loi du 26 octobre 1830, en leur appliquant les dispositions de 5°, § 2, n°s 1 et 2, §§ 3 et 4, et celles de l'art. 6 de la présente loi, les procédures et actions pendantes, étant exceptées.

ART. 9.

Toutes dispositions contraires sont abrogées.

NOTE

SUR LES

TRAVAUX IMPORTANTS EXÉCUTÉS EN HONGRIE

EN 1881

OU ACTUELLEMENT EN COURS D'EXÉCUTION

PAR M. KOMARNICKI.

I

Chemins de fer.

Le développement des voies ferrées en Hongrie est devenu pour ainsi dire nul dans ces dernières années, car, tandis que depuis 1868 jusqu'à 1874 il y a eu par an, en moyenne, 670 kilomètres de lignes nouvelles livrées à l'exploitation et que pendant les années 1874 à 1879 ce chiffre moyen est descendu à 150 kilomètres, on n'a construit que 68 kilomètres en 1879 et $2,_8$ kilomètres en 1880.

L'année 1881, avec environ 127 kilomètres de lignes nouvelles d'intérêt local, peut être considérée, malgré ce résultat relativement faible, comme point de départ d'un revirement et d'une activité très remarquables.

On a livré à l'exploitation, en 1881, les lignes suivantes:

1° La ligne d'Apahida à Dées (appartenant à la Compagnie du chemin de fer d'intérêt local de la vallée de la Szamos) de 47 kilomètres de longueur, ayant principalement pour but de faciliter l'exploitation d'établissements industriels de l'État. Son prolongement de Dées à Bistritz (61 kilomètres de long) et au delà jusqu'à Bukovine aura lieu selon toute probabilité très prochainement. Cette ligne une fois achevée, rendra de grands services non seulement au trafic local, mais également au trafic de transit.

2° La ligne d'intérêt local de *Neutra à Tapolcsan* de $33,_8$ kilomètres de longueur, qui constitue le prolongement de la ligne de Totmegyer à Neutra (appartenant à la Société autrichienne des chemins de fer de l'État). Elle parcourt une contrée populeuse, riche en produits naturels et en établissements industriels.

3° La ligne de *Borossebes-Buttyin-Borosjenö*, de $26,_8$ kilomètres de long, faisant partie du chemin de fer d'Arad à la vallée de Körös, n'a qu'une importance locale.

4° L'embranchement de *Vrpolje à Samac*, (de $19,_8$ kilomètres de long), de la ligne Dalja-Vinkovce-Brod, faisant partie du réseau de l'État hongrois.

Cet embranchement, établi tout d'abord à titre provisoire pour servir au transport de ballast pendant la construction du chemin de fer de Dalja à Brod, a été depuis consolidé de telle manière qu'on l'a pu livrer à l'exploitation (en 1881), en le réservant exclusivement au transport des trains à marchandises.

En outre on a presque terminé dans le courant de la même année :

1° La ligne de *Rakos à Ujszasz*, faisant partie des chemins de fer de l'État hongrois, (de 76 kilomètres de longueur). Elle établit une jonction plus courte des lignes (Est et Theiss-Sud) des chemins de fer de l'État avec la capitale du royaume de Hongrie et abrège de 37 kilomètres celle qui existait jusqu'à présent entre Rakos et Ujszasz (*via* Hatvan). Cette ligne ne renferme que des courbes de grand rayon et des rampes ne dépassant pas 5 pour 100.

2° La ligne de *Szissek à Doberlin*, de $47,_7$ kilomètres de longueur, appartenant également à l'État.

Cette ligne commence à Szissek (station du chemin de fer du sud d'Autriche) passant par Sunja et Kostajnica aboutit à la ligne de Doberlin à Banjaluka, et établit de la sorte la jonction entre la région occidentale de Bosnie et le réseau des chemins de fer austro-hongrois. Elle comporte des inclinaisons jusqu'à $0^m,015$ par mètre et des courbes décrites avec un rayon minimum de 275 mètres.

Les ouvrages d'art à signaler sur cette ligne sont : deux ponts métalliques, savoir : le pont de Kulpa, de 155 mètres, et celui d'Unna, de 150 mètres de longueur, ainsi que deux tunnels près de Kostajnica, dont un a 71 mètres et l'autre 32 mètres de longueur, tous les deux établis avec une inclinaison de $0^m,015$ par mètre.

es lignes actuellement en construction, commencées en 1881 sont :

1° Le chemin de fer de *Budapest à Semlin* (Zimony), avec deux embranchements : de *Kis-Körös à Kalocsa* et d'*India à Mitrovitz* dont l'établissement a lieu pour le compte de l'État. Il fait partie de l'important réseau international destiné à réunir l'Europe du centre ainsi que les ports de la mer du Nord et de l'Est avec Constantinople et Salonique.

La station de Mitrovitz servira de point de départ à la future ligne de frontière dont une partie, c'est-à-dire la ligne de Vinkovce à Brod se trouve entre les mains de l'État.

La ligne principale de Budapest à Semlin de $342,_9$ kilomètres et l'embranchement d'India à Mitrovitz de $40,_8$ kilomètres, ensemble $383,_4$ kilomètres, seront établis comme lignes d'intérêt général à une voie. L'embranchement de Kis-Körös à Kalocsa de $30,_1$ kilomètres sera construit comme ligne d'intérêt local (à écartement de voie normal).

L'établissement de ce chemin de fer a été concédé à la Banque des pays (Länderbank) et à la Société des constructions de Fives-Lille ; cette dernière a la direction de la construction.

Les délais fixés pour l'achèvement des diverses parties de ces lignes sont les suivantes :

a) *Le* 15 *octobre* 1882, la ligne de Budapest à Marie-Teresiopel (Szabadka), 167 kilomètres avec l'embranchement de Kis-Körös à Kalocsa, 30 kilomètres.

b) *Le* 15 *mai* 1883, de Marie-Teresiopel (Szabadka), à Neusatz (Ujvidék), $101,_3$ kilomètres.

c) Le délai pour l'achèvement du dernier tronçon de Neusatz à Semlin (Ujvidék-Zimony), $74,_5$ kilomètres et de l'embranchement d'India à Mitrovitz $43,_8$ kilomètres sera fixé ultérieurement. Il dépend de la convention à conclure avec la Serbie.

La plus grande inclinaison sur ces lignes, atteint $0^m,0125$ par mètre (sur $3,_{484}$ kilomètres de longueur) ; le rayon minimum des courbes est de 300 mètres.

Les ouvrages d'art les plus importants sont :

1° Un pont sur le Danube de	428	mètres	de longueur.
2° » la Save	460	»	»
3° Le tunnel de Pétervarad	360	»	»
4° » de Cortanovce.	700	»	»

2° Le chemin de fer de *Budapest à Fünfkirchen* (Pécs), de 200 kilomètres de longueur, est construit par une entreprise privée (Oesterr.—ungarische allgemeine Credit-Anstalt) qui l'exploitera sans subvention de l'État.

Cette ligne commence à Buda-Kelenföld, passe par Dombovár, (station du chemin de fer du Danube-Drave) et aboutit à Szent-Lörincz, station du chemin de fer de Barcs à Fünfkirchen.

Elle établit une deuxième jonction entre la capitale de la Hongrie et la mer, réunit le réseau des chemins de fer de l'État, de ce côté-ci (rive gauche) du Danube, avec celui qui se trouve de l'autre côté au sud-ouest de la Hongrie et abrège en même temps notablement le chemin de Budapest à Fiume. Il est également à remarquer que ce chemin de fer présentera l'avantage d'amener à Dombovàr le trafic sur une ligne subventionnée par l'État et à partir de Zákány sur une ligne de l'État.

Outre l'importance de cette ligne au point de vue du trafic de transit vers le littoral, elle offrira de grands avantages aux contrées parcourues, parmi lesquels on doit mentionner surtout la jonction des houillères, situées près de Fünfkirchen, avec la capitale du pays.

Cette ligne sera très probablement achevée déjà vers la fin de 1882.

En fait de chemins de fer projetés, il y a à citer :

1° La ligne de *Budapest à Raab*, dont il existe déjà plusieurs tracés étudiés par les entreprises qui ont cherché d'obtenir la concession de cette ligne. Le gouvernement hongrois, poursuivant d'après un plan bien arrêté le développement successif du système des chemins de fer de l'État, désire établir lui-même un chemin de fer allant à la frontière occidentale du pays, qui prendrait naturellement la direction de Raab.

2° Le chemin de fer de *Nagy-Kikinda à Nagy-Becskerek* (70 kilomètres de longueur), destiné à rendre bien meilleur marché les transports aux régions fertiles du comitat de Torontál.

3° La ligne de *Marie-Teresiopel à Baja*, comme embranchement du chemin de fer de Budapest à Semlin.

4° Les chemins de fer *des Confins militaires*.

5° Le prolongement du chemin de fer de l'État, de la vallée de la Waag, de *Trencsin à Sillein*.

6° La ligne d'*Arad-Csanád, Szöreg-Uj-Szeged.*

7° La ligne de *Félegyhaza à Szentes.*

8° La ligne de *Szatmar à Nagybanya.*

Outre les chemins de fer cités ci-dessus, il existe de nombreux projets de lignes d'intérêt local et de chemins de fer vicinaux, lesquels ne manqueront pas d'être exécutés, pourvu que surviennent des années tant soit peu favorables.

En 1881 a eu également lieu l'inauguration de la *gare à marchandises des chemins de fer de l'État hongrois*, située sur le *quai du Danube* à Budapest (rive gauche, c'est-à-dire à Pest). Cette gare est loin d'avoir atteint le développement qu'elle doit comporter. Elle sera bientôt notablement agrandie; non seulement on y augmentera le nombre des halles à marchandises, mais on établira en outre plusieurs voies sur le quai, destinées à rendre le transbordement entre le chemin de fer et la voie fluviale aussi économique que possible.

La construction *de la grande gare centrale à voyageurs des chemins de fer de l'État hongrois à Budapest*, située bien plus près du centre de la ville que l'ancienne gare encore existante, devenue tout à fait insuffisante, vient d'être commencée. La nouvelle gare, d'aspect très monumental, se distinguera par les dispositions bien étudiées, en un mot elle sera digne de la capitale.

Après l'achèvement de la nouvelle gare, la gare actuelle sera transformée en une gare à marchandises destinée plus spécialement aux matières encombrantes.

Le grand accroissement de mouvement sur les chemins de fer de l'État hongrois, ainsi que l'extension de son réseau, nécessitent un agrandissement considérable de l'atelier central de Budapest et le remplacement du dépôt des machines existant, devenu insuffisant, par une installation nouvelle, plus en rapport avec le nombre des machines en stationnement à Budapest, qui doit être porté à 120. Les constructions en question seront commencées très prochainement.

Il résulte de tout ce qui précède, que la période actuelle, doit être considérée sous le rapport du développement des chemins de fer en Hongrie comme très satisfaisante; la production industrielle du pays ne manquera pas de s'en ressentir favorablement.

II

Voies de navigation. — Travaux de défense contre les inondations. — Ports de mer.

En ce qui concerne les travaux d'amélioration de la navigabilité des cours d'eau, on s'est borné, en 1881, au dragage du Danube dans la région de la capitale, au dragage des ensablements entre Presbourg et Gönyö, à l'exécution des travaux de défense les plus nécessaires dans les contrées basses du pays pour les préserver contre les inondations qui causent presque tous les ans des désastres épouvantables.

Vu la grande activité apportée dans les dernières années à l'étude de ces questions si vitales pour le pays, il y a lieu d'espérer que l'exécution d'importants travaux à l'ordre du jour concernant l'amélioration et l'endiguement d'un grand nombre de cours d'eau ne se fera pas attendre longtemps.

Il convient également de mentionner ici les grands et persévérants efforts faits par la Hongrie, pour faire accroître l'importance du port de Fiume en vue du développement du trafic d'exportation et d'importation ; les mesures adoptées commencent à être couronnées de succès.

III

Établissements et édifices publics en construction, à Budapest.

Les principaux établissements et édifices publics en cours d'exécution à Budapest sont les suivants :

1° La grande gare centrale à voyageurs des chemins de fer de l'État hongrois (mentionnée déjà dans la première partie de cette note);

2° Les entrepôts ;

3° Les silos avec élévateurs du système américain ;

4° L'École royale polytechnique ;

5° Le Grand-Opéra royal, et

6° La reconstruction complète de la vieille cathédrale gothique du roi Mathias, à Bude.

La ville de Budapest tenant compte du développement du trafic, a décidé d'établir ici de vastes entrepôts et en même temps, pour satisfaire à la demande des nombreux propriétaires de moulins à vapeur de Budapest, de construire de grands silos à blé avec machines élévatoires du système américain.

Eu égard aux nécessités de la navigation, on a décidé de placer ces établissements sur le quai du Danube inférieur (rive gauche), et de les mettre en communication à l'aide de voies ferrées avec la douane, avec toutes les gares de Budapest et avec plusieurs moulins à vapeur.

Les entrepôts, dont seulement une partie (quatre bâtiments sur huit ont été construits) a été livrée à l'exploitation en 1881, occuperont après leur achèvement complet une superficie de 670 mètres de long sur 70 mètres de large.

Ils se composeront de huit bâtiments disposés en deux rangées parallèles, séparées par un intervalle de 15 mètres de largeur.

Chaque bâtiment a 100 mètres de longueur sur $15,_{2}$ mètres de largeur. Les intervalles entre les bâtiments consécutifs (dans le sens de la longueur), ont 10 mètres.

Du côté du fleuve il y a deux voies, dont l'une pour les wagons et l'autre pour la grue à vapeur. Du côté de la ville se trouvent trois voies, savoir : la voie directe, la voie de garage et la voie des magasins. Ces deux groupes de voies parallèles seront réunis par cinq voies transversales et quinze plaques tournantes.

Les entrepôts sont munis de quatre ponts à bascule, dont deux pour les wagons et deux pour les chariots ordinaires ; ils seront desservis par quatre grues roulantes à vapeur et quatre-vingts grues d'applique à bras.

Chaque bâtiment contient des monte-charges et escaliers en spirale qui mettent le rez-de-chaussée en communication avec l'étage supérieur et avec les caves.

La voie est établie à $8^{m},25$ au-dessus de zéro de l'échelle du Danube.

Les magasins, construits en maçonnerie mixte (briques et pierres de taille) se composent, chaque bâtiment, des caves, du rez-de-chaussée et d'un étage supérieur.

Les caves sont divisées par des tunnels en trois parties, le rez-de

chaussée dans chaque bâtiment se trouve partagé en cinq parties par des murs de refend; en outre, à l'extrémité de chaque bâtiment, se trouve dans l'intérieur un espace de 4 mètres sur 4^{m},30 (isolé par des cloisons en bois) servant de bureau.

Chaque bâtiment possède une superficie de 1,100 mètres carrés à la cave ;

De 1,227 mètres carrés au rez-de-chaussée ;
et de 1,180 » » à l'étage supérieur, lesquels peuvent être chargés à raison ;

De 1,300 kilogrammes au rez-de-chaussée et au premier étage,
et de 2,000 » à la cave par mètre carré.

Il s'ensuit que chaque bâtiment pourra contenir environ 6,200 tonnes de marchandises, soit, pour tous les huit bâtiments ensemble, 50,000 tonnes.

Les caves n'ont pas de murs de refend.

Les tunnels transversaux qui joignent les caves (des bâtiments), possèdent chacun une double voie de 0^{m},75 d'écartement de rails, allant jusqu'au bord du quai.

Chaque mur de long possède cinq portes et vingt fenêtres par étage, les murs de pignon ont une porte et deux fenêtres au rez-de-chaussée et trois fenêtres à l'étage supérieur.

Les compartiments du rez-de-chaussée et du premier étage sont isolés par des portes en fer.

L'éclairage à l'extérieur et à l'intérieur a lieu au gaz. Chaque bâtiment est largement pourvu de conduites d'eau.

Le tout coûtera environ 1,913,000 florins, dont 700,000 florins à la charge de l'État pour la construction des murs de quai, 1,213,000 florins à dépenser par la ville pour l'établissement des bâtiments, des voies, plaques tournantes, appareils élévatoires, etc.

Les silos à blé avec les élévateurs du système américain, dont la ville de Budapest a entrepris la construction occuperont un emplacement d'environ 12,400 mètres carrés, situé entre les nouveaux entrepôts et la gare à marchandises du quai du Danube. Les travaux de fondation sont déjà très avancés; on est en train d'élever la maçonnerie de fondation, de manière qu'elle repose sur un grillage et pilotis.

L'École royale polytechnique dont la construction doit être achevée

cet été, est un vaste édifice située au boulevard du Musée, entièrement dégagé de trois côtés. Elle est bâtie en maçonnerie de briques mixtes (p. c. sans enduit) extrêmement soignée.

Le Grand-Opéra royal dont la façade très monumentale (en pierre de taille), donne sur l'avenue radiale (sugar ut), se trouve située à l'emplacement de l'ancienne place d'Hermine.

Il est construit dans le style de la Renaissance italienne par M. l'architecte Ybl, (le même qui a doté, dans ces dernières années, la ville de Budapest de la belle église romane de Saint-François d'Assise).

L'édifice est entièrement isolé et pourvu de larges dégagements tant à l'intérieur qu'à l'extérieur.

Les précautions les plus minutieuses ont été prises, pour assurer en cas d'incendie un secours aussi énergique que possible.

La salle pourra contenir 1,650 spectateurs très commodément placés.

Le chauffage aura lieu par circulation d'eau chaude; la ventilation s'effectuera par insufflation, à l'aide de deux ventilateurs mis en mouvement par deux machines à vapeur (de quatre chevaux de force par machine) devant fournir par heure environ 130,000 mètres cubes d'air frais, qui sera dirigé vers les diverses parties de l'édifice, l'air vicié s'échappera par le tambour disposé au-dessus du lustre.

Le nouvel Opéra coûtera 2,500,000 florins sur lesquels il y a déjà 1,450,000 florins de dépensés. L'édifice est presque entièrement achevé à l'extérieur.

Les travaux ont été commencés en automne de l'année 1875 et seront terminés en 1885.

IV

Travaux en cours d'exécution à Szegedin et aux environs.

Après la terrible catastrophe de 1879, produite par la crue de la Theiss, qui a détruit presque entièrement la ville de Szegedin, S. M. le Roi y a envoyé, en qualité de commissaire royal, l'ancien ministre des travaux publics et membre du parlement, S. E. M. Louis Tisza, pour présider à la reconstruction de la ville et à l'exécution de tous les

travaux nécessaires pour la protéger contre le retour de pareils désastres.

Le commissariat royal dispose à cet effet d'un nombreux personnel technique spécial.

Les principaux travaux exécutés ou en voie d'exécution sont les suivants :

1° La construction de quais et enrochements ;

2° La canalisation de la ville ;

3° L'exhaussement du niveau de la ville ;

4° De nombreux édifices publics ;

5° Le pont sur la Theiss ;

6° Les travaux de régularisation des cours d'eau à Szegedin et aux environs.

Construction de quais et enrochements. — Le double quai qu'on établit actuellement à Szegedin a pour but : de protéger la ville contre les inondations se renouvelant presque tous les ans, d'empêcher les dégâts que cause constamment le fleuve sur la rive gauche (rive concave de la courbe décrite par la Theiss, près de Szegedin), enfin de satisfaire aux exigences d'une ville commerciale.

La construction des quais a été commencée en septembre 1880 ; elle doit être terminée le 31 décembre 1882.

Le quai, de 1,600 mètres de longueur, se compose d'un mur inférieur, en moellons avec parement en pierre de taille, fondé sur un massif de béton de 5 mètres de hauteur et de 2^{m},85 d'épaisseur ; et d'un mur supérieur en maçonnerie de briques reposant en partie sur piliers, (reliés entre eux par des arceaux) fondés sur pilotis, en partie sur béton.

Le quai en question est suivi à ses deux extrémités (en amont et en aval) par des quais à gradins de 250 mètres de longueur.

On a établi en outre du côté d'amont sur 1,400 mètres de longueur un enrochement destiné à protéger la rive contre les éboulements.

Le quai inférieur a 18 mètres, le quai supérieur 12 mètres de largeur. Le couronnement du quai inférieur est à 6 mètres, celui du quai supérieur à 9 mètres au-dessus de zéro de l'échelle de la Theiss.

Les frais d'établissement des quais de Szegedin monteront à 1,300,000 florins.

Les plans ont été dressés par M. l'ingénieur royal Aurélien Wein, les travaux sont exécutés par l'entreprise Hellwag et Würth.

Canalisation de la ville. — Avant la catastrophe de 1879 il n'y avait point de canalisation à Szegedin. Dorénavant la ville sera pourvue d'un réseau très étendu d'égouts, dont on établit à présent les artères principales, l'achèvement des ramifications aura lieu par les soins de la ville.

La canalisation, dont il s'agit, est basée sur le système d'épuisement. Elle se compose de trois égouts ayant ensemble 17 kilomètres de longueur avec pentes variant de 0^m,0005 à 0^m,0006 par mètre, de deux stations de pompes et enfin de canaux de ramification dont la pente sera de 0^m,000272.

La partie de la ville située hors des boulevards extérieurs est pourvue, en attendant, de fossés ouverts.

Chaque station d'épuisement renferme quatre pompes rotatives, deux machines de 27 chevaux de force ensemble, deux chaudières à vapeur et deux réchauffeurs.

Une pompe élève à l'époque des hautes eaux (comme en 1879), c'est-à-dire à 8^m,05 au-dessus de zéro, pendant un travail de dix-neuf heures un volume de 17,000 mètres cubes, par conséquent les huit pompes ensemble élèvent par jour 136,000 mètres cubes.

La coupe transversale des égouts a la forme d'œuf. La plus grande hauteur comporte 1^m,42, — la plus petite 0^m,84, — la largeur est 2/3 de la hauteur. Les parois latérales ont 0^m,16 d'épaisseur, sauf les plus grandes qui ont 0^m,32 jusqu'à la naissance de la voûte.

Les travaux de canalisation (partie principale), sont déjà terminés. Ils ont été exécutés par l'entreprise G. Gregersen, d'après les plans dressés par le commissariat royal. Le prix d'établissement s'élève à 250,000 florins.

Exhaussement du niveau de la ville. — La hauteur moyenne du niveau du sol de la ville de Szegedin n'ayant été que de 5^m,07 au-dessus de zéro, et le niveau des plus hautes eaux de la Theiss ayant atteint 8^m,05 en 1879, et 8^m,52 en 1881, on a posé en principe que le meilleur moyen pour préserver la ville contre les inondations est d'exhausser son niveau général.

Pour atteindre ce but plus facilement et forcer en quelque sorte les habitants d'effectuer le remblayage des terrains qui leur appartiennent, ainsi que pour n'exposer que quelques parties de la ville en cas d'inondation, on a décidé de remblayer jusqu'à la hauteur suffisante et en largeur nécessaire certaines artères de communication.

Après la catastrophe de 1879, la ville a été régularisée suivant les principes modernes. On a projeté entre autres, deux grandes voies circulaires (Ring, boulevards) et six avenues, (Radialstrassens). Les boulevards et les avenues ont été remblayés, comme il suit : le boulevard intérieur jusqu'à $8^{m},50$; le boulevard extérieur jusqu'à $6^{m},70$ de hauteur ; les avenues seront établies en pente uniforme de $8^{m},50$ à $6^{m},70$ entre les deux boulevards. On a remblayé en outre quelques places publiques.

Le remblayage s'opère à l'aide de chemins de fer.

En 1881, lors du travail le plus fort, ont été posés 22 kilomètres de voies, sur lesquelles on transportait à l'aide de cinquante trains par jour, 6,000 mètres cubes de terres.

Les terres nécessaires au remblayage ont été apportées des deux carrières situées au delà de la ville, dont une sur la rive droite à 5 kilomètres de Szegedin et l'autre sur la rive gauche de la Theiss, à 7 kilomètres de distance de la ville.

Le mouvement des terres projeté comporte 1,000,000 de mètres cubes, — les remblais effectués jusqu'à présent ont nécessité déjà 800,000 mètres cubes. La plus grande hauteur de remblais atteint 3 mètres.

Ces travaux confiés à l'entreprise G. Gregersen, ont été exécutés d'après les plans dressés par le commissariat royal.

Le prix des terrassements a été de 93 kreuzer par mètre cube, jusqu'à 700,000 mètres cubes, au delà il n'est que de 89 kreuzer par mètre cube,

Édifices publics. — En reconstruisant la ville de Szegedin, on a voulu en faire un centre pour la contrée basse du pays (Alföld). A cet effet l'État y a réuni certaines institutions civiles et militaires, pour lesquelles il a fallu établir divers édifices.

Les principaux édifices en construction sont indiqués dans le tableau suivant :

N° D'ORDRE.	OBJETS.	SUPERFICIE EN MÈTRES CARRÉS — TOTALE.	SUPERFICIE EN MÈTRES CARRÉS — Occupée par la partie bâtie.	DÉLAI d'achèvement.	PRIX de revient EN FLORINS.	LES PLANS ont été dressés par MM. :
						ARCHITECTES :
1.....	Caserne des Honveds................. (Armée territoriale hongroise.)	5000	4000	1er mai 1882....	250.000 fl.	Victor Bacho.
2.....	Pavillon pour les officiers des Honveds.	3000	2500	Id.	240.000 fl.	Ch. Meixner.
3.....	Caserne pour l'armée commune....... (Austro-Hongroise), se compose d'un pavillon des officiers et de trois pavillons pour la troupe, écuries, magasin, prison (bâtiment séparé.)	—	—	1er décembre 1882	600.000 fl.	Commissariat Royal.
4.....	L'Administration des Finances........ (Édifice monumental à deux étages.)	—	—	1er octobre 1882.	170.000 fl.	Victor Bacho.
5.....	Palais de Justice criminelle........... (Cours d'assises), avec prison et maison pénitentière, deux pavillons pour la surveillance, etc.	—	—	1er janvier 1885.	[illegible]	Jules Wagner.
6.....	Tribunal............................ (Édifice à deux étages).	—	—	1er mai 1883....	150.000 fl.	Ch. Meixner.
7.....	Hôtel des postes et des télégraphes.... (Édifice à deux étages).	—	—	Id.	160.000 fl.	Ch. Meixner.
8.....	Théâtre, avec une salle de spectacle pouvant contenir 1300 personnes........ Toutes les dispositions de sécurité reconnues indispensables à la suite de la catastrophe du *Ring Theater* y ont été adoptées.	—	—	1er octobre 1883.	360.000 fl.	Hellmer et Fellner.
9.....	Reconstruction de l'ancien hôtel de ville. Le concours reste ouvert jusqu'au 1er mars 1882 1er prix, 4000 francs. 2e prix, 2000 francs.	—	—	—	—	—

Outre les édifices spécifiés dans ce tableau, divers bâtiments de moindre importance.

Pont sur la Theiss (*Tisza*). — Le pont de route en construction a pour but de réunir Szegedin avec la rive gauche de la Theiss, c'est-à-dire avec Neu-Szegedin (Uj-Szeged). Il est exécuté par M. Eiffel (constructeur de Paris), dont le projet a été choisi à la suite d'un concours.

La partie du pont placée au-dessus de la rivière est formée d'un arc de 112 mètres de portée, la partie située au-dessus du terrain d'inondation se compose de trois travées en arc, dont les portées vont en décroissant, la plus petite a 90 mètres de longueur.

Les culées et les piles sont fondées par le procédé pneumatique à 17 mètres de profondeur au-dessous de zéro.

Le prix du pont est de 1,300,000 florins.

Les travaux ont été commencés en octobre 1880 et doivent être terminés le 31 décembre 1882.

Travaux de régularisation à Szegedin et aux environs.

a) *Rive droite de la Theiss.*

Revêtement des digues situées près de Csongrad avec un pavage en briques de champ sur une longueur de 2 kilomètres et l'établissement des digues nécessitant un mouvement de terres de 100,000 mètres cubes. Prix du revient 125,000 florins.

Digues de Sövenyház-Algyö-Szeged avec revêtement en briques. 800,000 mètres cubes de mouvement de terres. Prix de revient, 400,000 florins.

Digue circulaire autour de la ville de Szegedin, dont l'établissement et la consolidation nécessitent un mouvement de terres de 80,000 mètres cubes, et un enrochement en pierres de 10,000 mètres cubes, ainsi que 40 hectares de plantations situées en avant de la digue, pour la protéger contre le choc des vagues.

b) *Rive gauche de la Theiss.*

L'établissement de digues entre la Körös et la Maros occasionnant un mouvement de terres de 5,000,000 de mètres cubes, le 2/5 de l'ouvrage est déjà terminé. Les talus du côté de l'eau seront pourvus sur

3 kilomètres de long d'un revêtement en briques. Prix de revient 2,500,000 florins.

Digues de Neu-Szegedin. Reculement des digues précédemment établies et l'excavation du terrain placé en avant dans le but d'agrandissement du profil du lit de la crue. — Ce travail exige un mouvement de terres de 500,000 mètres cubes; le 2/3 de l'ouvrage est achevé. Prix d'unité est de $56,_{8}$ kreuzer par mètre cube.

c) Coupures (des sinuosités des cours d'eau).

L'élargissement de cinq coupures existantes (n[os] 84, 85, I, 85, II, 87 et 89). Mouvement de terres 400,000 mètres cubes.

NOTE SUPPLÉMENTAIRE

SUR LES

CHEMINS DE FER CONSTRUITS EN HONGRIE

en 1881 ou en cours de construction.

1° *Chemin de fer de Budapest à Semlin* (*Zimony*). — Sa déclaration d'utilité publique a été établie en 1881 par l'article XLII de la loi.

Les frais de construction de cette ligne s'élèveront à environ 67,000 florins par kilomètre.

2° *Chemin de fer de Budapest à Fünfkirchen* (*Pecs*), déclaré d'utilité publique en 1880, par l'article XLVI de la loi.

Sa longueur est de $206,_5$ kilomètres.

Les travaux ont été commencés en septembre 1881.

Les délais fixés pour l'achèvement de cette ligne sont les suivants :

1° La partie de Budapest à Dombovár doit être terminée au plus tard le 1er juin 1883.

2° Celle de Dombovár à Saint-Lörincz au plus tard à la fin de 1883.

Vu l'état d'avancement des travaux, cette ligne pourra être livrée à l'exploitation bien avant les époques fixées pour son achèvement.

Les frais de construction s'élèveront à environ 76,000 florins par kilomètre.

En fait de travaux importants il y a lieu de mentionner :

a) Le tunnel d'Abaliget, de 200 mètres de long.

b) Un viaduc près d'Huptot formé de trois travées de 36 mètres de portée chacune.

3° *Chemin de fer de Rakos à Ujszasz*, déclaré d'utilité publique en 1880 par l'article XXXVIII de la loi.

Les frais de construction s'élèvent à 53,000 florins par kilomètre.

4° *Le chemin de fer de Szissek à Doberlin*, déclaré d'utilité publique en 1880 par l'article XLIII de la loi.

Les frais de son établissement montent à 80,000 florins par kilomètre.

5° *Le chemin de fer d'Apahida à Dées*, a été décrété en 1880, par l'article XXXII de la loi.

6° *La ligne de Trentsin à Szillein* (*Zsolna*), dont on étudie le tracé, aura 81 kilomètres de longueur et en fait d'ouvrages d'art, un pont de 250 mètres sur la Waag.

NOTE SOMMAIRE

SUR LES

TRAVAUX IMPORTANTS PROJETÉS

EXÉCUTÉS DURANT L'ANNÉE 1881

OU ACTUELLEMENT EN COURS D'EXÉCUTION EN AUTRICHE

PAR M. REINHARDT.

I

Chemin de fer urbain à Vienne.

Le projet du chemin de fer urbain à construire dans le rayon de la ville de Vienne remonte à plusieurs années.

Dans le principe on s'en est peu occupé, parce que le capital nécessaire à la construction manquait, et que d'ailleurs on craignait que l'entreprise ne donnât pas un profit rémunérateur.

Dans ces derniers temps, une Société anglaise représentée par l'ingénieur Fogerty offrit à la ville de Vienne de se charger, à ses risques et périls, de la ligne métropolitaine, et à partir de ce moment la question est devenue l'objet de l'intérêt général.

Dans la presse, comme dans le public, dans les régions gouvernementales, dans les réunions d'ingénieurs, d'architectes, d'économistes, partout on la commente et la discute.

Il est certain que le chemin de fer urbain de Vienne est de nature à procurer de notables avantages à la capitale.

Tout d'abord, il permettrait de se rendre rapidement à bon marché d'une extrémité à l'autre de la ville qui a pris une grande extension, puisqu'elle a plus d'un million d'habitants. La classe ouvrière, et le

petit commerce notamment trouveraient là de grands soulagements.

Il serait ensuite un moyen assuré de décentralisation, en ce sens que beaucoup d'habitants, qui ont leur demeure dans la ville même, profiteraient de ce moyen de déplacement facile, prompt et peu dispendieux pour s'installer *extra muros*. Par suite, diminution de l'agglomération et meilleur état sanitaire de la ville. En même temps, la circulation dans les grandes artères du centre deviendrait plus facile.

Relié à toutes les gares des voies ferrées, qui toutes sont plus ou moins éloignées du centre de la ville, le chemin urbain aurait des trains en concordance avec les trains de banlieue, et éviterait ainsi aux Viennois qui, en grand nombre, habitent la campagne pendant la belle saison, le trajet dispendieux en voiture, qu'ils sont obligés d'effectuer entre la ville et les gares de chemins de fer.

Les trains du chemin urbain devant être aussi en correspondance avec les principaux trains de grande ligne, les voyageurs pourraient s'embarquer et débarquer près du centre de Vienne même.

Enfin, on se proposerait encore de faire servir ce chemin à l'approvisionnement de la capitale.

Dès que M. Fogerty s'est présenté, ont apparu des concurrents, parmi lesquels il convient de citer l'ingénieur Baron Schwarz et l'ingénieur Bode, agissant au nom de la « Bau-Gesellschaft de Vienne. »

Les trois projets ont des parties communes quant au tracé ; mais il en est tout autrement au sujet de l'exécution. Tandis que le projet Fogerty est basé sur une voie aérienne, les deux autres impliquent le passage souterrain sur une bonne partie du parcours.

On trouvera, à ce sujet, tous les détails désirables dans les susdits projets qui parviendront en un paquet séparé, par la poste.

Il serait aussi utile qu'intéressant de prendre, en même temps, connaissance des débats qui ont eu lieu sur cette matière, dans les séances des 23 et 26 novembre dernier, de l'Association des ingénieurs et architectes de l'Autriche, et qui sont reproduits dans le journal de l'Association, collectionné à la Société des ingénieurs civils.

Le sort du chemin de fer urbain de Vienne est maintenant entre les mains du Conseil municipal, qui examine la question avec le plus grand soin, et s'est engagé à donner son avis au ministère des travaux publics, dans les premiers jours du mois de mars prochain.

II

Édifices à Vienne.

Parmi les nouveaux édifices de Vienne il y a lieu de citer :

Le *Palais de Justice*, qui est entièrement terminé et a été récemment livré à sa destination ; architecte, M. Wielemans.

Le *Palais des chambres du Parlement*, architecte : M. Hansen.

L'*Université*, architecte : Baron Ferstel, en cours de construction, achèvement probable en 1883.

Les *Musées*, architecte : Baron Hasenauer.

Le *Théâtre de la Comédie de la Cour*, architecte : Baron Hasenauer.

L'*Hôtel de Ville*, architecte : Ober-Baurath, Fr. Schmidt, en cours de construction ; l'achèvement exigera plusieurs années encore.

En outre, est décidée la reconstruction du *Palais de l'Empereur* (Hofburg) qui sera confiée aux soins du baron Hasenauer. Les nouvelles constructions seront en concordance avec les musées qui leur feront face. Elles pourront être considérées, une fois achevées, comme un des travaux les plus considérables de ce temps-ci.

La librairie artistique de Lehmann et Wentzl, à Vienne, Kaerntner-Strasse, n° 34, publie, au sujet de tous ces monuments, un ouvrage illustré qui paraît en livraisons. C'est une publication bien faite et recommandable à tous égards. Les livraisons parues traitent du Palais de Justice et du Théâtre de la Comédie de la Cour.

III

Chemins de fer.

En fait de grands travaux de chemins de fer, ceux de la section Pontafel-Tarvis du chemin de fer du prince héritier Rodolphe méritent d'être signalés.

Cette section qui relie le chemin à la ligne italienne vers Udine a présenté de grandes difficultés d'exécution.

On en trouve une intéressante description dans le journal des ingénieurs et des architectes d'Autriche, livraison VIII de 1880, qui se trouve aux archives de la Société des ingénieurs civils de France.

La même publication contiendra, dans une prochaine livraison, une conférence tenue dans une assemblée des ingénieurs et architectes sur le tracé et les travaux du chemin de l' « Arlberg, » travaux qui, sous beaucoup de rapport et notamment à l'égard du tunnel de l'Arlberg, sont décrits de la manière la plus intéressante.

Le compte rendu si bien présenté par M. Mallet dans la séance du 3 de ce mois de la Société des ingénieurs civils, au sujet du tunnel de l' « Arlberg » dispense d'entrer dans de trop longs détails sur ce travail d'art. Il suffira donc de faire figurer ici, sur le tunnel comme sur la ligne, quelques données qui ne se trouvent pas au compte rendu de M. Mallet. Il y a bien quelques différences relativement au coût de l'exécution et à l'avancement des travaux du tunnel, dans les deux notes; mais comme, au point de vue théorique, elles n'affectent pas sensiblement les appréciations d'un côté comme de l'autre, il semble qu'il n'y a pas lieu de s'y arrêter.

Le chemin de l'Arlberg reliera presqu'en ligne droite la gare d'Inspruck des chemins du sud de l'Autriche avec la station de Bludenz du chemin de Vorarlberg. Sa longueur comportera $136,_6$ kilomètres.

C'est l'État autrichien qui a entrepris la construction, malgré de grandes difficultés d'exécution et les dépenses notables qui en résulteront, dépenses estimées à 71,200,000 francs.

La longueur du chemin, ainsi que les frais de construction se répartissent de la manière suivante :

DÉSIGNATION.	LONGUEUR kilométrique.	DÉPENSE	
		par kilomètre.	totale.
		FRANCS.	FRANCS.
Tunnel de l'Arlberg à deux voies, d'une largeur de $8^m,20$ sur $6^m,20$ de hauteur.	10.270	3.160.000	32.432.000
Voies de jonction du tunnel jusqu'à Bludenz, respectivement Landek.........	54.330	433.800	23.568.000
Section Landek-Inspruck..............	72.000	211.200	15.200.00.
Ensemble pour Bludenz-Inspruck.....	136.600	521.220	71.200.000

La section de voie dirigée dans la vallée d'Inspruck à Landek sur une longueur de 72 kilomètres, est divisée en dix lots, dont trois ont été adjugés à un syndicat d'entrepreneurs tyroliens, tandis que les sept autres sont échus à l'entreprise de travaux Redlich et Berger de Vienne.

L'historique des travaux du tunnel se résume de la manière suivante :

Le 8 janvier dernier, la longueur de galerie en percement était à Saint-Anton $1893,_9$ mètres, à Langen $1393,_7$ mètres, ensemble $3287,_8$ mètres, ce qui correspond à un tiers de la longueur totale du tunnel qui est 10,270 mètres.

Le forage à main-d'œuvre a commencé le 24 juin 1880, et le forage mécanique le 13 novembre de la même année.

Durant l'intervalle entre ces deux dates, le forage à main-d'œuvre entrepris simultanément des deux côtés de l'ouvrage a comporté $534,_6$ mètres. Dans l'espace de près de quatorze mois le forage mécanique a produit un avancement total de $2,853,_1$ mètres. Cette prestation est sensiblement plus grande que le travail réalisé pendant les quatorze premiers mois aux tunnels du Mont-Cenis et du Saint-Gothard.

La comparaison des résultats obtenus au moyen du forage mécanique dans les trois tunnels, est indiquée au tableau suivant :

MOIS DE CONSTRUCTION.	INDICATION DU TRAVAIL FAIT.		
	MONT-CENIS.	SAINT-GOTHARD.	ARLBERG.
	MÈTRES.	MÈTRES.	MÈTRES.
1er mois......	22.93	42.4	74.9
2e »	54.99	65.0	136.6
3e »	85.16	67.7	135.1
4e »	60.82	98.4	168.6
5e »	73.60	155.7	170.0
6e »	72.60	110.4	192.2
7e »	79.45	130.0	238.4
8e »	67.95	126.1	217.8
9e »	70.60	148.2	243.8
10e »	78.90	123.7	228.8
11e »	78.35	121.1	227.4
12e »	82.75	145.3	254.4
13e »	68.15	110.3	237.0
14e »	83.35	126.8	262.0

La prestation effective à l' « Arlberg » dépasse la prestation stipulée de $3,_5$ mètres par jour et par ouverture du tunnel, soit de $201,_5$ mètres par mois de trente jours et demi pour les deux ouvertures de l'ouvrage. Le jour où le travail de forage mécanique a été le plus fort d'un seul côté a été le 5 janvier 1882. Le travail a donné 7 mètres et demi. Les prestations journalières les plus grandes à une des ouvertures de l'ouvrage ont été vingt-trois fois de 6 à 7 mètres et huit fois de 7 à 8 mètres.

La durée de construction du tunnel de l'« Arlberg » a été fixée à six ans ; mais en raison de la marche satisfaisante des travaux, la période de construction sera abrégée. Pour l'achèvement des voies aboutissant à chacune des ouvertures de l'ouvrage, le délai est de trois ans.

Le chemin de l' « Arlberg » qui, dans ces conditions sera livré à l'exploitation en 1885 est destiné à établir une communication directe vers les stations de l'extrême ouest de l'empire, et à ouvrir une nouvelle voie ferrée vers l'ouest de la Suisse. Abstraction faite de son importance stratégique, le chemin de l' « Arlberg » constituera une artère de transport de premier ordre.

Relativement au projet du chemin de fer de l' « Arlberg, » il a été rédigé, en 1872, sur l'ordre du ministère impérial et royal du commerce à Vienne, un rapport technique, que l'on peut se procurer à l'imprimerie de l'État à Vienne.

Outre les travaux de chemin de fer dont il vient d'être question, il en a été concédé d'autres qui ont trait à une série de chemins de fer d'intérêt local, en Bohême notamment, ce qui ne manquera pas de donner à l'industrie sidérurgique très déprimée depuis des années, une impulsion dont elle avait grand besoin.

Enfin, les sections de lignes de tout ordre livrées à l'exploitation dans le cours de 1881 figurent au tableau suivant :

DATES d'ouverture.	INDICATION DES SECTIONS DE LIGNE.	LONGUEUR kilométrique.
6 janvier....	CZASLAU-ZLEB et SKOWITZ-WRDY-BUCHIC (Société des chemins d'intérêt local).......................	10.81
30 avril.	LINZ-KREMSMUNSTER (Chemin de la vallée de Krems)..	34.65
7 août......	VIENNE-PITTEN (Chemin d'Aspang)................	54.00
18 »	RASCHITZ-SCHONHOF (Chemin d'intérêt local)........	4.18
4 octobre...	SCHANDAU-NEUDECK (Société des chemins d'intérêt local).	14.00
5 »	BOZEN-MERAN (Chemin Bozen-Meran)..............	31.70
24 »	KREMSIER-ZBOROWITZ (Chemin de Kremsier)........	16.50
24 »	PECZEK-ZASMUK et KAURZIM-SWOISCHITZ (Société des chemins d'intérêt local).....................	23.90
25 »	ZLEB-ZAWRATITZ (Société des chemins d'intérêt local).	7.20
28 »	PITTEN-ASPANG (Chemin d'Aspang)................	20.40
15 novembre .	NIMBOURG-JICIN (Chemin d'intérêt local).	44.10
20 » . ..	SMIDAR-HOCHWESSELY (Société des chemins d'intérêt local)..................................	7.80
26 »	PRAGUE (Nusle)-MODRZAN (Chemin d'intérêt local)....	12.50
18 décembre .	STAUDING-STRAMBERG (Chemin d'intérêt local)......	19.50
	Ensemble...................	301.24

Dans ces conditions, la longueur des réseaux de l'Autriche qui comportait, fin 1880, 11,106 kilomètres, est portée à 11,408 kilomètres.

IV

Voies de navigation.

Il n'y a rien à dire pour l'Autriche au sujet des voies de navigation. C'est sur le parcours hongrois que tous les travaux de ce chef sont concentrés.

Il convient de signaler cependant que le canal du Danube à l'Oder continue à rester à l'état de simple projet. La Chambre des députés a toutefois invité, à différentes reprises, le gouvernement à hâter les travaux préparatoires et à présenter au sujet de cette nouvelle voie de communication, un projet de loi.

Les travaux de régularisation du Danube entre Vienne et la frontière hongroise sont à l'étude. Ces travaux sont destinés à faire suite aux grands travaux exécutés dans le voisinage de Vienne même, par l'entreprise Castor, Hersent et Couvreux.

ÉTUDES
SUR L'OSTRÉICULTURE

Par M. BOUCHOTTE.

Les grands travaux laissés par Coste, en pisciculture, comprennent une monographie de l'huître qui dispense pour longtemps encore d'en créer une nouvelle. L'illustre académicien a rappelé que cette espèce de mollusque était déjà connue dans l'antiquité où elle figurait sur les tables patriciennes; il expose avec de grands détails les méthodes pratiquées, dans la vieille Italie, pour assurer à l'huître les qualités requises par les gourmets. Il ne semble pas qu'à cette heure l'éleveur fasse mieux que ses devanciers ; et les produits qu'il livre à la consommation restent maintenus à des prix qui en limitent sérieusement la diffusion. Nous sommes cependant à une épque où la vie à bon marché, pour tous, est le problème dont la solution s'impose impérativement; il est donc intéressant de ne jamais la perdre de vue, et, en conséquence, de rechercher les moyens de faciliter l'alimentation des populations par la multiplicité et le bas prix de revient des produits comestibles dont l'homme dispose. Nous croyons le moment favorable pour que l'ostréiculture améliore ses procédés d'exploitation ; des faits récents se sont présentés qui prouvent que, dans certaines conditions, il y a possibilité de généraliser la consommation de ce bivalve. Nous nous proposons, en conséquence, de rechercher, et ceci sans distinction d'espèces, les moyens de perfectionner les procédés pratiqués à cette heure. Cette étude embrassera exclusivement les détails de l'élevage de l'huître adulte où il nous semble qu'il y a le plus d'améliorations à introduire.

Nous laisserons ainsi de côté la question relative à la production du jeune sujet ou naissain, qui nous paraît, grâce aux travaux de Coste, être en voie de progrès; ceci constitue d'ailleurs une branche spéciale de l'ostréiculture, les lieux de production du naissain étant souvent

fort éloignés de ceux où l'élevage de l'huître adulte se pratique. Un événement est survenu, dans ces dernières années, qui a imprimé au commerce des huîtres une impulsion nouvelle et favorable à son extension. Certains navigateurs avaient signalé à l'attention des spécialistes, dans le bas Tage, l'existence d'abondants bancs d'huîtres d'une variété particulière, à laquelle la consommation n'avait point encore touché. Cette circonstance avait été négligée jusqu'au moment où, frappé de la pauvreté croissante des bancs d'huîtres, sur les côtes d'Angleterre et de France, un important éleveur songea à tenter un essai d'huîtres dites « portugaises. » Un navire est chargé de produits du Tage destinés à l'élevage dans des parcs français. Mais le bâtiment, retardé dans sa marche par des temps contraires, arriva dans l'estuaire de la Gironde avec une cargaison paraissant très avariée; on prit alors le parti de sacrifier la marchandise que l'on jeta par-dessus bord. Le mal, toutefois, était moins sérieux qu'on ne le supposait, aussi, grand fut l'étonnement quand, quelques années plus tard, on constata que la basse Gironde était peuplée de la nouvelle variété; par contre, on dut reconnaître que l'huître plate de Royan, fort estimée, avait disparu.

Les parqueurs de la Saintonge, séduits par le bas prix de produits qu'ils avaient presque sous la main, les essayèrent, et, en les vendant au quart du cours des huîtres plates, ils se créèrent de nouveaux débouchés grandissant chaque jour. Cette évolution commerciale s'est tellement accentuée, qu'à cette heure les côtes de la Saintonge expédient trois fois plus de portugaises que de leurs excellentes gravettes; et, encore, ces dernières ne s'écoulent-elles qu'autant que le producteur s'engage à fournir concurremment des autres.

Une nouvelle classe de consommateurs a été ainsi créée en vertu de la même loi économique, qui fait que l'on voit le fer et la fonte figurer en proportions notables dans nos constructions modernes, les étoffes couvrir à bon marché les populations; le pain et la viande, le vin et les spiritueux pénétrer dans les ménages modestes. En un mot, la production de toute chose, assurée par des procédés économiques, est un bienfait pour l'humanité.

Si la vulgarisation de la portugaise a été la conséquence immédiate de la fécondité et de la rusticité de ce mollusque spécial, ce n'est point une raison pour désespérer d'atteindre des résultats analogues par l'élevage des gravettes. Nous pensons que les procédés, actuellement pratiqués par la plupart des ostréiculteurs, quelle que soit la variété

d'huîtres à laquelle ils s'attachent, sont susceptibles de nombreuses améliorations, et, qu'en s'appuyant sur certaines données scientifiques, il est facile de reconnaître la marche à suivre pour progresser.

Nous allons, en conséquence, diriger successivement nos études vers la nature de l'eau qui paraît convenir le mieux à la vie de l'huître; nous examinerons ensuite les conditions auxquelles doit satisfaire un établissement ostréicole pour qu'il fonctionne avec toute la perfection désirable.

De l'eau dans ses rapports avec l'ostréiculture.

L'eau, en même temps qu'elle est le milieu indispensable à l'existence des mollusques, doit contenir tout à la fois sous forme de dissolution, ou bien à l'état de suspension, les matières organiques nécessaires à l'alimentation de ces êtres, ainsi que les éléments minéraux qui interviennent dans la constitution de la coquille et doivent en assurer le développement progressif. Il paraît constant que ces conditions complexes sont le mieux remplies à l'embouchure des fleuves; on sait d'ailleurs que nombre d'espèces de poissons se cantonnent volontiers dans ces mêmes parages où l'on voit, à chaque instant, les animaux voraces, les marsouins, par exemple, venir chercher leur nourriture. En ce qui concerne l'huître, nous rappellerons qu'elle se complaît dans l'estuaire de la Gironde où on en a trouvé de tout temps, à Arcachon, dans le bassin d'Oléron, voisin de la Charente et de la Seudre, à l'entrée de la rivière d'Aurey, à celle de la Tamise; il nous paraît inutile de multiplier davantage les citations. Il est probable que les eaux douces ont pour rôle principal l'apport de matières organiques qui s'associent avantageusement aux éléments nutritifs fournis par la mer. Au point de vue minéralisateur, l'action des rivières doit être nulle et même négative, puisque le mélange sera d'une teneur saline moins riche que ne l'est l'eau de la mer.

Il serait désirable que la chimie possédât un procédé rapide pour effectuer l'analyse des substances organiques contenues dans l'eau. Malheureusement, jusqu'à ce jour, des questions de cette nature ne sont abordables que dans le laboratoire du savant, et encore, sera-t-il difficile d'établir une distinction entre les matières nutritives et celles qui sont simplement inertes; provisoirement le mieux est de rechercher

les stations, sur la côte, qui semblent attirer les poissons de toutes espèces. Il y a des probabilités pour que l'huître se complaise dans ces mêmes lieux; d'ailleurs des essais peu dispendieux sont praticables, il suffit d'opérer sur quelques centaines de sujets.

L'élément minéral joue un rôle des plus importants dans le développement de l'huître dont il constitue presque exclusivement la coquille; très souvent le poids des deux valves représente 10 à 15 fois celui de la chair du mollusque même. Quand on s'arrête à ce fait, on est émerveillé de la quantité d'éléments minéraux que l'huître peut retenir à son profit. Si l'on remarque que le carbonate de chaux intervient pour au moins 94 pour 100 dans la composition de la coquille, on se demande comment s'y prend l'huître pour réunir une telle quantité de matériaux? Il est probable que les beaux travaux en agronomie, publiés depuis longtemps déjà, par M. Boussingault, élucident la question de la manière la plus complète. L'illustre savant a démontré, en effet, que la charpente osseuse des animaux emprunte principalement ses éléments constitutifs aux liquides introduits dans l'appareil digestif; on peut raisonnablement admettre qu'au sein de la mer, les phénomènes de l'assimilation sont régis par les mêmes lois que sur terre[1]. D'après cela, le coquillage emprunterait son principal élément au carbonate de chaux dissout dans la masse liquide. Il est donc intéressant de se rendre compte de la quantité de chaux existant dans l'eau qui baigne le mollusque, et des moyens assurés pour permettre à ce liquide de reprendre la matière qu'il a cédée. L'huître étant privée de tout pouvoir de locomotion, il est indispensable que les aliments soient mis à tout instant à sa portée, ce qui n'existe pas pour les poissons dont les déplacements s'effectuent avec la plus complète facilité.

A l'encontre de ce qui se passe pour la recherche de l'existence des principes organiques nécessaires au développement des mollusques, rien n'est plus facile que de déterminer les matières minérales qui sont contenues dans l'eau (notamment la chaux) et les sources où celle-ci peut en emprunter de nouvelles quantités[2]. De nombreuses analyses de l'eau de mer prouvent à elles seules que ces masses d'eau incalculables représentent une véritable carrière de calcaires en dissolution[2]. En même temps on a constaté que la mer, au contact des sols

1. *Dictionnaire de Chimie* de M. Wurtz (article Nutrition).
2. *Traité d'analyse volumétrique*, par Mohr, traduit par M. Forthomme.
3. *Id.*

marneux cédait de la magnésie pour prendre de la chaux en retour[1]. Or, il est précisément constant que des terrains de cette nature se prêtent admirablement bien à l'élevage de l'huître, témoin le bassin de l'île d'Oléron. Mais, si l'on veut étudier plus attentivement cette question dans les lieux qui intéressent l'élevage, on possède des procédés d'analyse volumétriques très rapides et dont le succès est assuré, même s'il est confié à des opérateurs peu expérimentés.

En outre, la densimétrie fournit plus rapidement encore des renseignements d'une précision convenable. Remarquons que le liquide à expérimenter est un mélange composé d'eau de mer[2] et d'eau d'une rivière voisine. Connaissant donc la densité de l'une et de l'autre, il est aisé par celle du mélange de fixer la proportion qu'il représente en eau de mer; remarquons, de plus, que dans la plupart des fleuves et des rivières, le densimètre flotte très près de zéro : ce qui revient à dire que cet appareil donnera directement et avec une approximation suffisante, la teneur du mélange en liquide marin, l'approximation est la conséquence de l'assimilation d'une eau de rivière à l'eau distillée.

En suivant ce dernier procédé dans deux stations ostréicoles différentes, la Gironde et la Seudre, nous sommes arrivé à des résultats tellement confirmatifs des faits que nous venons d'exposer, qu'il est permis d'admettre que l'on peut se servir avec confiance de la densimétrie. Nous donnons les conclusions obtenues à la suite de nos observations, espérant qu'elles mériteront quelque attention.

Dans la Gironde, entre Richard et la pointe de Grave, l'huître portugaise est très abondante. La teneur saline de l'eau, en amont, est les 65 pour 100 de celle de la mer, tandis qu'à la pointe de Grave, elle s'élève à 85 pour 100. Or, dans ces deux endroits extrêmes, l'huître affecte des allures très différentes. A Richard, le bivalve croît lentement, sa coquille reste mince; à la pointe de Grave, le développement de l'individu est rapide, tant en chair qu'en coque, malgré cela, l'huître de ces deux stations possède une vitalité incontestable, et

1. Pelouze et Frémy.

2.

	Na	Cl	Mg	Ca	K	So^4	B_2
1000 gr. eau de l'Océan....	11g,719	20g,840	1g,981	0g,5568	0g,6682	3g,029	0g,3878
par 41° 18' latitude Nord, 36° 28' longitude Ouest.							
1000 gr. Tamise (Greenwich)	0,0181	0,0269	0,0037	0,0905	0,0080	0,00591	
1000 gr. Garonne (Toulouse)	»	0,0019	0,0009	0,0258	0,0034	0,0078	

vient-on à transporter des sujets de ces deux provenances dans un même lieu favorable à la pousse, il suffit de trois ou quatre mois d'une vie commune pour effacer les caractères distinctifs que l'on constatait précédemment. Les études du même genre que celles-ci, poursuivies, comme nous l'avons dit, dans le bassin de la Seudre, entre l'Eguille et la Tremblade, ont mis en lumière des résultats également intéressants.

Dans cette contrée, avant d'atteindre le pertuis de Maumusson, on n'emploie guère que des claires, c'est-à-dire des réservoirs, plus ou moins grands, creusés dans le sol et communiquant avec la Seudre au moyen de chenaux, ayant parfois plusieurs kilomètres de longueur, A l'Eguille, en amont, on estime que l'hectare de claire permet l'élevage de cent mille huîtres ; tandis qu'à la Tremblade, voisine du pertuis, la même surface de terrain assure la prospérité de 600.000 sujets. Or, si l'on met en œuvre le densimètre, il indiquera qu'à l'Eguille l'eau possède une teneur saline qui est les 56 pour 100 de celle de la mer, tandis qu'à la Tremblade, on arrive aux 90 pour 100.

Ainsi, dans l'estuaire de la Gironde de même que sur les rives de la Seudre, il existe une corrélation saisissante entre la teneur saline de l'eau et le développement des huîtres soumises à son influence. Nul doute que l'ostréiculteur doive profiter dans ses travaux du mode d'observations que nous venons d'indiquer; il apercevra les éléments qui font plus ou moins défaut à l'huître et saura ainsi se mieux diriger dans ses travaux. Si la composition de l'eau et celle des plafonds servant de lieux d'élevage exercent une influence prépondérante sur la vie du mollusque, il existe un autre élément d'action avec lequel il faut également compter : la température. Il est parfaitement exact qu'en pleine mer l'eau jouit d'une température à peu près constante ; mais au contact des continents et sous l'action des rivières, elle est susceptible de variations très considérables. Sans que l'huître puisse être assimilée aux êtres hibernants qui vivent quelques mois de leur propre substance, il faut reconnaître que son appareil digestif réclame une certaine quantité de chaleur pour fonctionner avec une activité normale et que des températures variant entre 11 et 15° semblent favoriser ce travail, tandis que l'époque des froids le ralentit considérablement. Or, l'expérience prouve que dans certains chantiers ostréicoles, on peut voir la température se rapprocher de 0°; dans des claires, la congélation de l'eau occasionne parfois de véritables désas-

tres[1]. On doit à M. Houtreux, officier de marine, des observations fort intéressantes sur ce sujet, qui nous montrent qu'à Arcachon et à Richard la température de l'eau peut s'abaisser jusqu'à 0° et descendre à 2° à Royan[2]. Ainsi s'expliquerait le défaut de progrès de l'huître pendant la saison d'hiver; l'absence de chaleur suspend les fonctions digestives de l'animal. Nous connaissons maintenant le rôle que l'eau joue dans la vie du mollusque au point de vue de son alimentation et de l'action physique qu'elle peut exercer sur lui. Rien ne s'oppose, dès lors, à ce que nous abordions la question des établissements d'élevage; c'est ce que nous allons faire.

Des viviers, des parcs et des claires.

Les ostréiculteurs procèdent ordinairement dans leur industrie, en adoptant l'un ou l'autre des systèmes d'exploitation suivants : les viviers, les parcs et les claires.

Les viviers présentent un avantage fort séduisant : le bon marché de la location des terrains maritimes concédés par l'État; si l'on est ancien marin, on obtient même ces terrains à titre gratuit.

Dans le cas contraire, le fermage à payer à la marine atteint rarement 150 francs l'hectare, le plus souvent il se maintient entre 15 et 30 francs. Comme presque partout, un hectare de viviers répond à l'élevage de 7 à 800,000 sujets, il semblerait qu'il suffise d'abandonner à l'intervention de l'eau la croissance de l'huître pour réaliser, chaque année, des bénéfices magnifiques; les frais d'aménagement des terrains sont, en effet, insignifiants. Chaque jour et pendant un certain temps, à l'époque des syzygies, la mer abandonne ces viviers; ce qui permet d'exécuter, à pied sec, les travaux professionnels. L'huître ne cesse ainsi que fort rarement d'être immergée; cette diète momentanée ne lui parait pas funeste; quelques praticiens mêmes prétendent que cette suspension temporaire des fonctions de l'individu lui assure un repos dont il profite pour acquérir une nouvelle activité.

L'éleveur sur vivier paraît ainsi un homme privilégié, dépensant

1 et 2. Les températures de la mer dans l'estuaire girondin et à Arcachon, en décembre 1879 et janvier 1880; par M. Houtreux, lieutenant de vaisseau, directeur des mouvements du port de Bordeaux (*Revue maritime et coloniale*, tome LXIX, avril 1881).

peu pour recueillir beaucoup. Mais l'examen détaillé de ce genre d'exploitation modifie singulièrement les idées premières.

Les opérations ne pouvant généralement s'accomplir qu'aux basses mers de syzygie, on est fort limité par le temps ; et encore si une baisse barométrique se prononce, la mer ne découvrant pas suffisamment les viviers, les ouvriers convoqués n'ont rien à faire et quand même il faut les payer. Or, le temps de travail en mer est assimilé à une journée complète, pour les hommes comme pour les femmes ; d'où il résulte des frais de main-d'œuvre fort élevés.

Quant aux transports, ils s'exécutent par la voie navigable, exposés qu'ils sont à des éventualités parfois redoutables ; ils représentent pour leur part un ensemble de dépenses considérables.

Mais la main-d'œuvre et les transports ne constituent pas seuls les charges qui pèsent sur l'éleveur en viviers. Non seulement la jeune huître est exposée à une mortalité qui est l'un des caractères des espèces prolifiques, mais encore certains phénomènes météorologiques la compromettent dans son existence ; des coups de mer la dispersent fort loin, au détriment du propriétaire. En dehors de ces risques, le bivalve rencontre une multitude d'ennemis auxquels il ne peut résister que passivement. Le naissain de moule se fixe souvent sur la coquille de l'huître, ce qui n'est encore qu'une cause de dépréciation ; de plus, nombre de variétés de crustacés, de poissons et d'êtres d'un ordre plus inférieur sont friands de ce coquillage. Ainsi, en dehors des nombreux frais de main-d'œuvre et de transport, l'éleveur est-il encore exposé à une série d'éventualités parfois redoutables, ce qui explique comment, malgré une majoration du quadruple qu'atteint la jeune huître au moment de sa livraison à la consommation, l'ostréiculteur n'obtient pas d'une façon certaine la récompense de ses peines.

On peut d'ailleurs se convaincre que l'industrie huîtrière n'est point toujours très favorisée, en s'arrêtant au fait suivant : il arrive souvent qu'un capitaliste confie à un éleveur un lot de jeune marchandise dont moitié lui reviendra à l'époque de la vente, l'autre moitié représentant la rémunération du travail. D'après ce que nous avons établi plus haut, la majoration de valeur étant du quadruple, il semblerait que la part afférente à chacun est satisfaisante. Fort souvent, cependant, les résultats sont mauvais pour l'éleveur et plus encore pour l'autre ; le capitaliste et le parqueur n'ont pas obtenu une satisfaction suffisante, par

suite des éventualités de toute nature que nous venons d'exposer précédemment.

Des Parcs

Mais si l'élevage en viviers présente les nombreux inconvénients que nous venons de signaler, il existe un autre système d'exploitation déjà moins défectueux : nous entendons parler des parcs.

En choisissant des plafonds de la mer, à une altitude qui corresponde à celle des marées de quadrature, on peut créer des bassins très convenables pour l'éducation de l'huître. Il faut alors entourer ces terrains de murs faits avec la vase que l'on trouve sur les lieux, de telle manière qu'entre deux marées consécutives l'eau soit conservée. Dans de telles conditions, le régime alimentaire du bivalve est convenablement assuré et la température du milieu liquide ne se trouve soumise qu'à de faibles écarts. En même temps, les murs ou cordons, s'ils sont formés de bons matériaux, tempéreront l'action de la lame et empêcheront celle-ci de transporter au loin la marchandise.

Dans certaines localités, à Arcachon, par exemple, on consolide les cordons des parcs au moyen de panneaux en planches, qui sont appliqués extérieurement et intérieurement.

A l'aide de cette installation, le travail de l'ouvrier devient possible chaque jour et pendant un grand nombre d'heures. Dès que la mer s'est retirée, on peut aborder ces parcs ; si l'on veut travailler tout à fait à sec, il suffit de lever une vanne, avec la certitude que la marée suivante restituera de l'eau aux bassins. Il est facile de prévoir qu'en échange de certains frais d'installation, qui sont causés par la création des cordons, on introduit une notable économie dans les mains-d'œuvre et que l'on dispose d'une plus grande somme de temps pour exécuter les travaux. En outre, les ennemis de l'huître n'ont d'accès dans les parcs qu'à l'heure de la pleine mer, ce qui diminue déjà considérablement les risques de destruction.

On peut parfois rencontrer des anses ou d'autres lieux abrités contre les fortes lames où l'installation des parcs se réalise dans d'excellentes conditions. Les travaux nécessaires sont ainsi protégés et par conséquent d'une conservation facile ; l'accès de l'eau est assuré dans ces

lieux tout aussi bien que sur les côtes. L'ostréiculteur doit s'emparer avec avidité de ces terrains favorables, pour peu que la nature du sol se prête à l'industrie qui nous intéresse.

Enfin, il existe un troisième système d'exploitation qui procède au moyen de réservoirs de dimensions arbitraires, appelés claires en Saintonge. Dans le seul arrondissement de Marennes, nous ne devons pas être loin de la réalité en disant qu'il y existe 4,000 hectares de claires dont une partie était autrefois consacrée à la production du sel marin. Ces bassins sont creusés dans le sol à une profondeur suffisante pour y assurer l'accès de la mer aux époques de syzygies. Ce sont des chenaux parfois de plusieurs kilomètres de longueur, qui servent de trait d'union entre l'Océan et ces claires pourvues de vannes, afin de conserver l'eau entre deux malines.

On pourrait arriver à rendre ce système d'élevage le plus parfait de tous. En effet, l'huître y est abritée contre la plupart des accidents auxquels l'expose la vie sur la côte. Les animaux destructeurs ne peuvent exercer leurs ravages; les coups de mer ou de vents n'ont aucune prise dans ces lieux. D'un autre côté, les travaux nécessaires s'exécutent à l'heure voulue, sans qu'il puisse y avoir de déception ; l'homme est le maître ici. En ce qui concerne les transports, comme on se trouve en terre ferme, on peut disposer de routes, et si celles-ci sont mauvaises, ce qui n'arrive que trop souvent, on a recours alors aux chenaux, qui permettent une navigation sans danger. Au surplus, la meilleure preuve du mérite de ce système d'élevage se trouve dans la valeur à laquelle sont portées les claires ; on les estime à raison de 5 à 7,000 francs l'hectare. Malgré ce que nous venons d'énumérer en faveur des claires, on ne peut se dissimuler qu'elles sont parfois entachées d'un défaut sérieux : le renouvellement de l'eau de la mer n'y est pas généralement assez fréquent.

Ainsi que nous l'avons dit ci-dessus, beaucoup d'anciens marais salants ont changé de destination ; tant qu'ils étaient affectés à la production du sel, opération qui demande un temps assez considérable pour assurer la cristallisation de la matière, il suffisait aux sauniers de ne recevoir de l'eau de mer qu'à chaque maline Les terrains ont été, en conséquence, simplement creusés à la profondeur qui assurait le jeu des syzygies. Dès que l'on visait une nouvelle industrie, telle que l'ostréiculture, l'approfondissement des bassins devenait une nécessité, ou, pour mieux dire, il fallait s'assurer d'une alimentation

d'eau plus fréquente. Il est incontestable que l'huître prospère dans une eau renouvelée chaque douze ou quinze jours seulement, mais on peut craindre que dans ces conditions elle ne soit soumise à une ration tres limitée. On sait fort bien, dans la Seudre, qu'à surface égale, telle claire a la réputation d'entretenir moins de sujets que telle autre. Une bonne circulation de l'eau assure donc le succès des opérations. En même temps on évite un double danger qui menace de nos jours la plupart des éleveurs en claire : la congélation pendant certains hivers et une température trop élevée en été. On ne peut lutter contre les effets de la glace quand elle se produit qu'en la brisant; quant à l'échauffement, il faut se décider à transporter les produits en pleine mer dans les viviers, où ils jouiront d'une température modérée, mais où, par contre, ils seront exposés à toutes les vicissitudes que nous avons indiquées.

Si ces inconvénients très sérieux étaient évités, l'élevage en claires constituerait incontestablement le système le plus parfait d'exploitation ; il assurerait l'économie et le succès des opérations. Quelques rares éleveurs ont réglé l'altitude de leurs chantiers de façon à faire arriver l'eau à toute marée, ceux-là prospèrent partout où on les rencontre. Il faudrait donc aviser, en général, à creuser les claires suffisamment pour les rendre, chaque jour, accessibles à la pleine mer; on compenserait, et au delà, les frais de l'opération par la plus value qu'acquerreraient des établissements qui valent déjà 5 à 7,000 francs l'hectare : un terrain qui entretient à cette heure cent mille sujets en contiendrait facilement six à sept fois plus après avoir été approfondi.

Il existe un autre moyen de résoudre le problème du facile renouvellement de l'eau ; on le voit en pratique dans le Nord de la France. On installe des pompes, mues par le vent, qui déversent l'eau dans les claires. Les dépenses de première installation étant réglées, on doit le mouvement à un agent qui ne fait jamais défaut dans le voisinage de la mer, et dont la régularité est plus que suffisante pour l'industrie ostréicole. Dans ces conditions, l'industrie huîtrière peut se pratiquer à toute altitude ; seulement, il y aura toujours avantage et économie de force motrice à choisir des terrains sensiblement en rapport avec le régime des pleines mer de quadrature, de même que nous l'avons indiqué au sujet des parcs.

Nous espérons, à l'aide de cette discussion, avoir suffisamment dé-

montré que les procédés suivis en ostréiculture sont susceptibles de nombreuses améliorations, et que les conseils fournis par la science, trop dédaignés jusqu'alors, méritent d'être écoutés. Le but qu'il faut viser avant tout, peut se formuler ainsi qu'il suit :

Assurer aux mollusques l'abondance des éléments organiques et minéraux que leur constitution réclame, régulariser et simplifier les travaux de l'élevage ; parer aux agressions de la mer et des ennemis qui peuvent causer un véritable désastre dans les récoltes.

Le premier coton a été filé sur le rouet, puis est venue la Jeannette et enfin on s'est mis à employer des Mull-Jennys, ou des métiers continus, de plus en plus parfaits. Chaque progrès réalisé dans l'industrie cotonnière, a amené des réductions de prix favorables au bien-être des populations.

En fait d'ostréiculture, nous en sommes peut-être encore au rouet des premiers fileurs ; en tout cas, selon Coste, nous ne paraissons pas plus avancés que les Romains. Les perfectionnements introduits dans l'élevage de l'huître mettront de plus en plus ce comestible à la portée des consommateurs ; en même temps ces populations maritimes si intéressantes par la sévérité de la vie qui leur est imposée, trouveront dans les progrès de l'ostréiculture un élément d'activité plus important de jour en jour.

CHRONIQUE

Sommaire. — **La houille dans la Turquie d'Asie. — Chauffage des locomotives au pétrole. — Le touage sur la Sprée. — Comparaison entre les perforatrices mues par l'eau et par l'air. — Perforation mécanique au tunnel de Laveno. — Destruction d'une épave par la dynamite. — La métallurgie en Amérique.**

La houille dans la Turquie d'Asie. — L'exploitation des mines est très ancienne dans la Turquie d'Asie et cette contrée était déjà le siège d'une importante industrie métallurgique à une époque très reculée, industrie principalement développée dans la partie montagneuse que borde la mer Noire; on y trouvait de l'argent, du cuivre et du fer; on sait, d'ailleurs, que la Lydie était célèbre par ses mines d'or. Depuis des siècles et notamment depuis la domination turque, ces pays ont perdu toute importance au point de vue de ces industries.

L'emploi de la houille était inconnu dans le Levant jusqu'au moment où, vers 1835, l'introduction de la navigation à vapeur amena l'importation des charbons étrangers dans les ports de Constantinople et de Smyrne. Ce fut d'abord des charbons de Newcastle, et, ensuite, pour une faible proportion, des charbons belges. On constata à cette époque l'existence de gisements houillers près de Bender-Eregli, l'ancienne Heraklea-Pontica, dans la Turquie d'Asie, mais on ne s'en occupa pas jusqu'à ce que, en 1840, un paysan apporta à l'arsenal de Constantinople un gros morceau de charbon de belle apparence. Il voulait savoir si ce charbon était bon, parce qu'il y en avait sur la côte une quantité que la mer enlevait à un endroit où il s'était produit un éboulement. Le capitaine Ford, directeur des bateaux à vapeur du sultan, examina le charbon et le trouva très bitumeux, égal au meilleur charbon de Newcastle et très convenable pour la navigation à vapeur. Il proposa en conséquence à Tahir-Pacha de faire des recherches sur place pour tâcher de fournir de la houille indigène à l'arsenal et aux autres établissements de l'État. Ce fut fait, mais à la mode orientale. On prit au hasard une centaine de tonnes et on les amena à l'arsenal où on constata une excellente qualité, mais le prix de revient était à peu près le double de celui du charbon anglais rendu à Constantinople.

Quelque temps après, M. Anderson, directeur de la *Oriental steam navigation Company*, de Londres, vint à Constantinople, et, entendant parler de la chose, demanda l'autorisation de faire des recherches; il les effectua avec le Dr Davy et un propriétaire belge de mines, M. Withers.

Ces messieurs trouvèrent beaucoup plus qu'ils n'espéraient; les gise-

ments s'étendaient tout le long de la côte de la mer Noire sur plus de 65 kilomètres, en avançant de 12 kilomètres dans les terres avec une épaisseur variant de 0m,30 à 2m,70.

Les ouvriers turcs extrayaient le charbon à ciel ouvert à quatre endroits, ils avaient parfois suivi les couches sous la colline, et cela avec si peu de précautions, qu'à plusieurs reprises il s'était produit des éboulements suivis de mort d'hommes. Après examen, M. Withers exprima l'opinion qu'avec des moyens d'exploitation convenables on pourrait avoir le charbon à 5 francs la tonne et M. Anderson demanda en conséquence un firman impérial pour l'autoriser à exploiter.

Ce firman lui fut accordé, mais à des conditions si onéreuses qu'il ne trouva pas avantageux d'utiliser la concession et les choses en restèrent là, les paysans continuant à extraire le charbon au risque de leur vie et l'Amirauté turque à payer ce charbon le double de ce que lui coûtait le charbon anglais.

Pendant ce temps, l'importation du charbon anglais s'était considérablement accrue. Il était inconnu en 1830, on avait commencé à en importer en 1834; en 1842 on en consommait déjà 32,000 tonnes à Constantinople, 15,000 dans les autres ports de la Turquie, 16,000 en Égypte, 3,000 à Syra, et 14,000 dans les États barbaresques. Le charbon anglais coûtait, en 1838 à Alexandrie, 33 fr. 50 dont 27 fr. 50 pour le fret.

Lorsque les flottes alliées étaient dans la mer Noire en 1854 et 1855, lors de la guerre de Crimée, et consommaient d'énormes quantités de charbon venant d'Angleterre, on se rappela de nouveau les gisements de Bender-Eregli et le gouvernement anglais fit exploiter le charbon à Koslu, sous la direction de M. John Berkley, qui avait avec lui son frère et cinq mineurs anglais, le reste des ouvriers étant des gens du pays. Les Français en firent autant et commencèrent en septembre 1854 une exploitation avec 3 officiers et 150 soldats du génie.

Après la guerre, quand les flottes se furent retirées, les travaux furent abandonnés par les alliés, mais M. Berkley resta encore quelque temps à exploiter pour le compte du gouvernement turc, et lorsque le célèbre géologue russe, P. de Tchihatcheff visita le pays en 1858, il l'y trouva encore. La même année, le Lloyd autrichien, la grande compagnie de navigation de Trieste, prit intérêt à cette question et envoya un membre de l'Institut géologique de Vienne, le conseiller des mines Franz Fœtterle, pour faire des recherches. Ce rapport n'a jamais été publié.

A la même époque, il se présenta plusieurs concurrents qui demandèrent des concessions, mais les conditions qu'imposait le gouvernement turc étaient si dures qu'il n'y eut pas de suite; les Turcs croyaient toujours que les étrangers venaient chercher des trésors.

Aussi pour profiter de l'occasion, on confia l'exploitation des houillères à la liste civile du sultan et la propriété en fut divisée en douze parts, dont le sultan garda trois pour lui, en partageant le reste par parts égales entre sa mère la sultane Validé et ses favoris Rizha Pacha et Safferti Pacha. A la

mort de ces derniers, leurs héritiers voulurent vendre ces parts, et, en 1871, un syndicat anglais se constitua à Constantinople pour prendre les mines avec un groupe de banquiers de Constantinople et tâcher de les vendre un bon prix à une compagnie anglaise. Mais l'affaire n'aboutit pas, et, comme les houillères ne donnaient point au sultan les énormes revenus qu'on en espérait, elles furent remises entre les mains de l'Amirauté turque qui les a actuellement et en tire parti comme suit : L'Amirauté donne une permission d'exploiter au premier occupant, à la condition de lui vendre exclusivement tous les produits à un prix variant de 3 fr. 50 à 5 francs la tonne prise sur le carreau de la mine.

Ce charbon sert à la marine de guerre, aux bateaux à vapeur du Bosphore et à l'usine à gaz de Pera. La qualité est généralement bonne, mais le prix est plus élevé que celui du charbon importé de l'étranger, parce que le transport de la mine à Constantinople, bien que la distance ne soit que de 240 kilomètres, coûte le double du fret de Newcastle ou de Cardiff.

A l'exception des mines de Koslu reliées à la mer par un vieux tramway établi en 1854 par M. Berkley et encore en service, tout le transport s'effectue dans des paniers à dos de mulets ou de chevaux jusqu'à la côte où le charbon est mis en tas ; mais, comme le port de Eregli n'est qu'une rade ouverte exposée en plein aux vents du Nord, on ne peut charger les navires que par beau temps, avec de petits bateaux portant de 3 à 4 tonnes, et c'est une bonne journée que celle où on peut charger 200 tonnes sur un navire. A Constantinople, le déchargement se fait de même, le charbon se trouve brisé et notablement détérioré. L'exploitation profitable des houillères est impossible dans ces conditions et l'extraction est si faible que, lorsque, le 11 mai de cette année, le vieux transport de guerre *Moukaddemi-Nourret* se perdit par un coup de vent du Nord avec 2,000 tonnes de charbon et 70 hommes à bord, on peut dire que la plus grande partie du produit de l'année alla au fond de la mer avec lui.

Une exploitation sérieuse et profitable ne sera possible que lorsque le chemin de fer qui part du Bosphore à Haïdar-Pacha, près de Scutari, pour aller à Tsmid et Angora, aura franchi la rivière Sakaria, le long de laquelle un embranchement peut être sans difficulté poussé vers la côte et de là à Eregli et aux mines, ce qui mettra celles-ci en communication directe avec Constantinople.

Il paraît qu'une commission d'ingénieurs des mines français a examiné récemment les gisements dans le but d'y établir une exploitation régulière et qu'un rapport favorable a été fait ; des propositions ont été adressées au gouvernement ottoman, mais rien n'a abouti parce que la condition d'amener un millier d'ouvriers français a effrayé les Turcs. Il est cependant indispensable, si on veut faire quelque chose de sérieux, d'avoir des ouvriers expérimentés, parce que la main-d'œuvre qu'on trouve dans le pays est inadmissible. Si on peut arriver à faire admettre ces conditions, il n'est pas douteux que les mines d'Eregli ne puissent être exploitées d'une manière très avantageuse. (*A suivre*).

Chauffage des locomotives au pétrole. — Une locomotive dans laquelle le pétrole brut était employé comme combustible a été essayée sur le chemin de fer de Long Island aux États-Unis. La machine a traîné dans cet essai deux voitures contenant des invités jusqu'à Rockaway-Beach et retour; le trajet a été fait en cinq minutes de moins que le temps alloué par l'horaire. La dépense d'huile pour le trajet a été de 6 francs. La vapeur s'est maintenue à 7 kilogrammes et la combustion de l'huile ne donnait ni fumée ni résidus solides. L'ingénieur de la traction du chemin de fer pense que l'emploi de l'huile augmenterait de 50 pour 100 au moins la durée des chaudières. L'appareil employé sur cette machine est celui de M. Dickey, qui a pour but de brûler le pétrole ou autre hydrocarbure liquide sans le réduire préalablement à l'état gazeux. Le pétrole est amené par un tube du réservoir où il est contenu à l'avant du foyer; à sa sortie du tube par un ajutage de faible diamètre, il est rencontré à angle droit par un jet de vapeur à haute pression et fortement surchauffée. L'huile, la vapeur et l'air introduit par le jet de vapeur se mélangent intimement et brûlent dans la chambre de combustion.

Cette note reproduite par l'*Engineering*, probablement d'après un journal américain, ne présente pas par elle-même un bien grand intérêt, mais elle a valu à ce journal une lettre de M. Thomas Urquhart, ingénieur de la traction du chemin de fer du Volga, qui contient des renseignements d'une beaucoup plus grande valeur. Ces renseignements portent principalement sur l'emploi du pétrole comme combustible au chemin de fer de Grazi Tsaritsin, dans le sud-est de la Russie.

Lorsqu'on fit pour la première fois, en 1874, des essais avec le pétrole sur cette ligne, dit M. Urquhart, le grand obstacle à l'emploi de cette matière était son prix élevé et les mauvaises dispositions appliquées pour son usage. Depuis l'industrie des huiles minérales a été chaque année en s'étendant dans le Caucase et le prix demandé aujourd'hui pour les résidus de Kerosine sur le Volga est la moitié du prix de 1874. Ce fait et les perfectionnements apportés aux appareils par divers inventeurs a conduit à reprendre les essais.

Un seul système a jusqu'ici été expérimenté d'une manière complète, c'est celui de MM. Balukewitch et Voislaff, ingénieurs à Saint-Pétersbourg; ces essais ont eu lieu en mars, avril et mai de cette année. Avec la dispotion employée d'abord, les résultats ont été très peu satisfaisants, mais on a introduit des modifications en cours d'expériences et finalement on a pu traîner des trains de trente wagons chargés à la vitesse réglementaire (20 verstes à l'heure), sur toutes les parties du réseau où les inclinaisons maxima atteignent 8 millièmes; les trains représentent de 380 à 450 tonnes, non compris la machine et le tender. La dépense par verste est, y compris l'allumage, de 1.04 pouds, ce qui représente 16 kilogs par kilomètre.

Le système employé par MM. Balukewitch et Voislaff, bien que breveté en Russie, n'est pas nouveau, c'est la reproduction du système appliqué à

l'Arsenal de Woolwich en 1864, par M. Richardson et qui a été publié en 1866 dans l'*Engineering*.

Le point principal était d'installer l'appareil sans percer de nouvelles ouvertures dans la boîte à feu, et on l'a en conséquence installé sur l'ancienne grille; c'était un désavantage; les pièces métalliques étaient entièrement en fonte et composées d'une double grille à gradins disposés comme la lettre V, les gradins ayant $0^m,35$ de largeur; tout autour était une masse de sphères en terre réfractaire de 60 à 80 millimètres de diamètre. Il est très important que ces boules soient bien sphériques pour que leurs points de contact soient aussi réduits que possible.

Le liquide est amené sur le gradin le plus élevé aux deux extrémités du foyer et coule d'un gradin sur l'autre sous forme de cascade; on n'introduit pas de vapeur dans le foyer, le pétrole descend dans les tubes par le seul effet de la pesanteur, le réservoir qui le contient étant placé non pas sur le tablier du tender, mais au-dessus des caisses à eau, et dans le cas où la matière ne serait pas assez fluide, on peut introduire de la vapeur dans le réservoir par un petit tuyau, pour l'échauffer, cette vapeur passant ensuite dans les caisses à eau.

On n'a pas continué les expériences avec cet appareil, on doit les reprendre avec d'autres systèmes.

Nous rappellerons que nous avons donné déjà quelques renseignements sur l'emploi du pétrole comme combustible sur les locomotives en Russie, dans la *Chronique* de mai 1881, page 568.

Le touage sur la Sprée. — Une Société à la tête de laquelle est Sir Henry W. Tyler, l'ancien inspecteur bien connu du *Board of Trade*, vient d'établir sur la Sprée et l'Havel un touage par chaîne, qui a été mis en exploitation au mois de juin dernier.

La partie où la chaîne est posée a une longueur de 22 kilomètres et va du pont du Kronprinz à Berlin en descendant la Sprée, jusqu'à Spandau et de là suit le Havel jusqu'à Picheldorf.

Le reste du parcours sur le Havel jusqu'à son embouchure dans l'Elbe se fait avec des remorqueurs.

La chaîne de fabrication anglaise est en fer de 23 millimètres de diamètre et pèse 9 kilogrammes par mètre courant. Elle est en bouts de 1,000 mètres réunis par des maillons de jonction. La chaîne est attachée à son extrémité amont à une pile du pont du Kronprinz, l'autre extrémité est laissée libre dans le lit du fleuve. La pose de la chaîne qui s'est faite en descendant le courant a été effectuée en un jour et demi.

L'entreprise a deux types de toueurs, des grands pour le service entre Berlin et Spandau et des petits pour passer sous les ponts de Spandau. Il y a deux toueurs du premier modèle; leur longueur est de 34 mètres, la largeur de 5, le tirant d'eau de $0^m,65$, il n'y a qu'un toueur du second type qui a 23 mètres sur $4^m,30$ et 1 mètre de tirant d'eau.

Les machines inclinées à haute pression donnent 70 chevaux indiqués

dans un cas et 40 dans l'autre; elles commandent par une simple transmission à engrenages deux tambours de $1^m,12$ de diamètre portant chacun quatre gorges où s'enroule la chaîne.

L'effort de traction permet de remorquer 8 bateaux portant 125 tonneaux, mais le courant et les conditions du service limitent la composition des trains à 6 bateaux. Le parcours à la remonte exige 2 1/2 à 3 heures.

Le remorquage sur l'Havel inférieur s'effectue au moyen de quatre vapeurs remorqueurs. Ce sont des bateaux à deux hélices de 25 mètres de longeur sur 4.5 de largeur et 1 mètre de tirant d'eau en charge. Les machines Compound indiquent 140 chevaux et fonctionnent avec de la vapeur à 6 1/2 atmosphères effectives; les cylindres ont $0^m,200$ et $0^m,380$ de diamètre et $0^m,230$ de course. La vitesse en remorque est sensiblement la même que celle du touage.

Comparaison entre les perforatrices mues par l'eau et par l'air. — Les *abstracts of papers in foreign transactions*, de l'*Institution of Civil Engineers*, contiennent le résumé d'un mémoire de M. B.-R. Forster sur les résultats comparatifs obtenus avec divers perforatrices publié dans le journal saxon *Jahrbuch für das Berg und Hüttenwesen.*

Ce mémoire décrit une série d'expériences avec calcul des résultats obtenus sur des perforatrices à la mine de Behilfe, à Freiberg.

On s'est servi sur deux fronts d'attaque de la perforatrice à percussion à air comprimé de Schram et sur un troisième de la perforatrice hydraulique à rotation de Brandt. La puissance motrice était fournie par une turbine de Schwamkrug donnant 63,3 chevaux bruts et 31,3 chevaux nets, lesquels étaient employés comme suit : 12,4 chevaux par deux compresseurs à air, un du système Brandt et Sulzer et l'autre de Paschke et Kästner, qui fonctionnaient alternativement et 18,9 chevaux par les pompes foulantes de l'appareil hydraulique. On ajouta plus tard un troisième compresseur plus petit qui prenait 9,65 chevaux fournis par l'eau de sortie d'une turbine servant à l'extraction du puits Behilfe.

La pression de l'air était de 9 atmosphères et celle de l'eau de 83,4. Mais les 56 centièmes seulement de cette dernière étaient fournis par les pompes, le reste était dû à la charge résultant de la différence de niveau entre la machine et la surface.

Pour déterminer le travail absorbé par les perforatrices à percussion, on n'a pas fait moins de 800 expériences avec des fleurets de diverses grandeurs de tranchant, sous la direction de M. Hausse, lequel a trouvé que, pour percer un décimètre avec des outils ayant des tranchants variant de 95 à 85 degrés dans le gneiss de Freiberg, il fallait :

Avec un diamètre de	24	millimètres	......	224	kilogrammètres.
—	37.5	—	....	730	—
—	68	—	....	1.800	—

La première dimension est celle des outils à main, la seconde celle des

outils de la perforatrice Schram et la troisième celle des outils de la machine Brandt.

Ces quantités sont dans le rapport de 1 à 3,26 et à 8,4, tandis que les sections des trous sont dans celui de 1 à 2,44 et 8,5. Comme les premiers et derniers chiffres coïncident parfaitement pour les deux genres de rapports, l'auteur admet que le désaccord du chiffre intermédiaire provient d'erreurs d'observations et que le travail dépensé pour percer un trou est le même pour l'unité de volume, quel que soit le diamètre du trou; le travail pour le trou de 37,5 serait donc de 546 kilogrammètres par décimètre, et comme la petite machine de Schram fore à raison de 0,077 millimètres par seconde dans le gneiss, le travail effectif est de 0,56 chevaux; elle dépense, non compris les pertes du moteur, du compresseur et des conduites 2,2 chevaux, de sorte que le rendement ressort à 25 pour 100.

La machine Brandt, d'après des essais au frein faits par M. Hausse, emploie 1,5 chevaux en travaillant dans du porphyre de Zankerode sur un trou de 68 millimètres de diamètre et 1,3 chevaux dans le gneiss (1,2 cheval étant absorbé par la rotation et 0,1 par la pression).

Dans ce dernier cas, on trouve 97,3 kilogrammètres par seconde pour 0,067 millimètres de profondeur, soit 1,450 kilogrammètres par centimètre. Comme avec la percussion on trouve 1,800 kilogrammètres pour le même travail, on voit que le travail par rotation est plus économique.

La puissance absorbée par la machine seule, sans compter les pertes par les pompes et les conduites, a été de 15,3 chevaux dont 8,5 pour 100 seulement sont utilisés dans le travail. Cette différence est, toutefois, plus que compensée par la perte de travail dans les compresseurs d'air dont le rendement est seulement de 20 pour 100 contre 71 qu'on obtient avec les pompes des accumulateurs. Si on tient compte de toutes les pertes intermédiaires, on trouve que la proportion de la puissance du moteur qui était, dans ce cas, une turbine Schwamkrug donnant un effet utile de 46 pour 100, qu'on retrouve en travail utile, est :

Avec la machine Brandt.	3,4 pour 100
— Schram.	2,3 —

Le nombre des trous percés a été, dans le premier cas, de 45 formant une longueur totale de 22 mètres, et, dans le second, de 33,9 faisant une longueur de 25,6 percés à la machine, plus 4,3 percés à la main faisant 1^{m},86, et, dans le troisième, 62 percés à la machine, de 6^{m},6 et 14,5 à la main, de 8^{m},37 de longueur totale. La machine Brandt a travaillé deux heures et vingt-deux minutes par jour, et la machine Schram sept heures et quatorze minutes.

La vitesse effective réalisée, avec une moyenne de six hommes, a été, par semaine, de 0^{m},95 avec le forage à la main, de 4^{m},50 avec la machine Schram de 5 mètres. La dépense par mètre de galerie percée à la main a

été de 150 à 154 francs et la dépense avec les machines, y compris l'intérêt, la dépréciation et les réparations, et en tenant compte de l'emploi de chaudières lorsqu'on n'a pas de puissance hydraulique disponible, est de 96 à 106 francs par mètre avec la perforatrice Schram, et de 93 avec l'appareil Brandt.

Le coût du forage à la main, sans compter la poudre et la dynamite, c'est-à-dire principalement le travail de la forge et la consommation d'acier est de 22,5 à 32 francs par mètre, tandis qu'il n'est que de 7,55 à 9,75 avec la machine Schram, et de 3,36 avec la perforatrice Brandt.

La dépense d'explosifs par mètre a été de 1,15 kilog. de dynamite et 7,7 kilog. de poudre coûtant 9 fr. 25 pour le forage à la main, de 8,05 kilog. à 9,71 kilog. de dynamite coûtant de 26 à 32 francs pour le forage avec la machine Schram, et, enfin, de 9,72 kilog. de dynamite avec la perforatrice Brandt; la dépense de cette dernière avec des trous de 68 millimètres de diamètre est de très peu supérieure à celle de l'autre perforatrice avec des trous de 37,5 de diamètre.

Le salaire des mineurs par poste a été dans les trois cas :

Forage à la main.	2 fr. 30 à 2 fr. 50
Perforatrice Schram.	4 » 35 à 4 » 60
— Brandt.	4 » 70

Les résultats de ces expériences, qui ont été poursuivies pendant une période de dix à onze mois, montrent l'avantage énorme que réalise la perforation mécanique sur le forage à la main au triple point de vue de la dépense, de l'économie de temps et du génie des ouvriers.

Perforation mécanique au tunnel de Laveno. — Nous trouvons dans le même recueil un résumé d'une note de M. L. Negri, parue dans le *Giornaledei Lavori Publici*, sur les résultats obtenus par la perforation mécanique au tunnel de Laveno, sur la ligne Novare-Pino.

Si on tient compte de la dureté de la roche, ce tunnel est l'exemple le plus remarquable de rapidité de percement. Il a 2,900 mètres de longueur et traverse de la dolomite mêlée de silex. Le travail a été abordé par les deux extrémités, la profondeur au-dessous de la surface étant trop grande pour permettre l'établissement de puits; on n'avait pas de chutes d'eau pour fournir la puissance nécessaire et le temps accordé pour l'exécution n'était que de quinze mois; la section de l'attaque était de 8 mètres carrés pour permettre l'emploi de wagons cubant 2 mètres.

Comme il fallait déjà cinq mois pour installer les appareils moteurs, on commença le travail avec des machines provisoires qui étaient, pour chaque front, deux locomobiles de 15 à 20 chevaux actionnant une paire de petits compresseurs suffisants pour fournir l'air à deux ou trois perforatrices, une pompe centrifuge et un petit atelier de réparations. La perforatrice choisie fut le type Ferroux à cause de sa simplicité, de sa solidité et de la

facilité qu'il offre pour l'entretien. Avec cette installation, l'avancement fut de 2^m,40 par vingt-quatre heures.

L'installation définitive consista sur chaque front en trois machines à haute pression et condensation de 150 chevaux de puissance collective, quatre grands compresseurs d'air de 0^m,43 de diamètre et 1 mètre de course, trois réservoirs d'air d'une capacité totale de 30 mètres cubes, les deux locomobiles mentionnées ci-dessus et employées à conduire les ateliers de réparations, plus deux pompes pour fournir l'eau aux compresseurs, aux chaudières et aux condenseurs.

Les compresseurs débitaient 37,000 litres d'air par minute qui passait dans les réservoirs à la pression de 3 1/2 à 4 atmosphères effectifs, quantité suffisante pour alimenter huit perforatrices. Les conduites d'air en fer avaient 0^m,120 de diamètre. La perte de pression était d'une demi-atmosphère par kilomètre de longueur de conduite.

Deux attaques étaient faites de chaque côté, l'une à la partie inférieure sur une section de 8 mètres carrés, l'autre au-dessous de 5,5.

La roche était beaucoup plus dure à la tête nord qu'à la tête sud ; l'avancement était de 6^m,05 par jour à cette dernière et de 4^m,60 seulement à l'attaque nord pendant les mois de mars, avril et mai. La galerie supérieure a avancé de 3 à 4 mètres par jour à chaque extrémité. La galerie inférieure a été percée en douze mois.

Destruction d'une épave par la dynamite. — M. C. H. Kühl a donné, dans les mémoires de l'*Institution of Civil Engineers*, un intéressant travail sur l'enlèvement d'une épave dans le lit du Danube, au moyen de la dynamite. Voici un résumé de ce travail :

Le 26 juin 1879, le navire à hélice *M. Moxham*, venant de Braïla avec un chargement de maïs, descendait la branche de Sulina sur le Danube, lorsqu'il fut abordé par le navire à hélice *Intrepid*, remontant sur lest. Ce dernier eut peu de mal et continua sa route, tandis que le *M. Moxham*, qui avait eu son bord déchiré sur 6 mètres de longueur et une cloison étanche crevée, put encore descendre à 700 mètres du lieu de l'abordage, et coula près de la rive droite du fleuve. L'arrière était dans 2^m,70 d'eau, à 6 mètres du bord, et l'avant dans 9 mètres, à 27 mètres de la rive. On ne put enlever qu'une partie de la cargaison dans les cales d'arrière, et on fut obligé de laisser ce qui était dans les cales d'avant, à cause de la profondeur d'eau. Il en résulta que le gonflement du maïs fit au bout de trois jours sauter le pont et déforma entièrement la coque.

L'épave ayant été vendue, les acquereurs cherchèrent à relever le navire, en fermant les panneaux et en épuisant l'eau ; mais cette opération fut abandonnée quand un autre navire eut abordé, en septembre 1879, le navire coulé et y eut fait de nouvelles avaries ; d'ailleurs, le mauvais état du pont avait, dès le début des opérations, donné lieu aux plus grandes difficultés.

Comme on n'avait pas sous la main d'explosifs pour faire sauter l'épave, on résolut de draguer sur l'autre bord pour donner provisoirement un passage plus facile aux navires; cette opération faite sur une longueur de 22 mètres, fut achevée en juin 1880. Mais un autre navire, le *Rowland*, ayant touché le *M. Moxham* pendant les travaux de dragage, on décida, en septembre, de détruire ce dernier sans plus attendre, pour éviter de nouveaux accidents; mais on ne put exécuter l'opération la même année à cause des difficultés de transport de la dynamite.

Le *M. Moxham* avait été construit en 1872 à Stockton, avec du fer de très bonne qualité; il avait 68 mètres de longueur, 9^{m},20 de largeur, 5^{m},20 de creux, et était classé 90 A au Lloyd; sa jauge brute était de 1,060, et sa jauge nette de 676 tonneaux.

La dynamite, fabriquée d'après la patente Nobel, fut obtenue, à Vienne, aux prix suivants : gélatine explosive, 5 francs le kilogramme, prise à Vienne, ou 5 fr. 75 rendue sur le bas Danube; dynamite n° 1, 3 fr. 20 et 4 francs, dans les mêmes conditions que ci-dessus. Comme les ingénieurs de la Commission européenne n'avaient jamais employé que la poudre pour détruire les nombreuses épaves des navires en bois coulés dans le fleuve, on s'adressa à MM. John Mc Conkey et fils, de Donaghadee, qui envoyèrent M. Robert Mc Conkey pour diriger le travail, qui fut exécuté de la manière la plus satisfaisante et sans aucun accident. Les plongeurs, les ouvriers et le matériel furent fournis par la Commission européenne.

Un ponton portant une bigue de 10 tonnes et un treuil à vapeur enlevait les morceaux de l'épave et les mettait dans des barques pour les transporter à Sulina.

Le travail fut commencé le 25 mai 1881 par l'arrière du navire.

Les opérations étaient difficiles, parce que la coque était remplie de vase et de sable et enterrée dans la vase jusqu'à deux pieds de la flottaison sur le côté qui regardait la rive du fleuve.

Les barrots de pont furent brisés avec des charges de 450 grammes de dynamite, posées, autant que possible, sur le milieu de la pièce. Pour les tôles fortes on employa des charges de 2^{k},5. Le bordé des côtés fut brisé avec des chapelets formés de cartouches de 25 millimètres de dynamite ou de gélatine explosive, disposées longitudinalement dans une enveloppe faite avec des sacs de jute; il y avait à peu près 3 kilogr. de dynamite par mètre courant de chapelet. Ceux-ci étaient placés à 3 mètres de distance, parallèlement aux membrures et en contact avec le bordé, allant du platbord à la quille ou au moins aussi bas possible. Cet arrangement réussit parfaitement pour découper la coque en formant des fentes de 20 à 30 centimètres de largeur. Des chapelets disposés horizontalement à l'intérieur et à l'extérieur, divisèrent ensuite les morceaux à enlever. Les plus longs de ces chapelets avaient 11 mètres de longueur et contenaient 30 kilogrammes de dynamite ou de gélatine explosive. On employa pour briser les grosses pièces de fer, telles que l'étambot et le cadre de l'hélice, ainsi que les fonds du navire, des sacs contenant 22 kilogr. de dynamite.

Du côté de la rive les chapelets étaient descendus de plusieurs pieds dans la vase contre le bordé du navire. On chargea également de dynamite de vieux tubes de chaudières munis d'un sabot en fonte et on les enfonçait dans la vase contre les flancs du navire de manière que l'explosion brisât les parties qu'on ne pouvait atteindre autrement et enlevât également une partie de la vase.

On a employé les charges de dynamite ci-après : 30 charges de $0^k,450$, 72 sacs contenant de $0^k,900$ à 22 kilogs; 35 chapelets de $0^m,90$ à 11 mètres de longueur et 5 tubes contenant $5^k,5$ chacun. On mettait le feu avec des fusées ou avec l'étincelle électrique. L'explosion la plus considérable a été produite par six charges de 22 kilogs chacune tirées simultanément sous 9 à 10 mètres d'eau sous le milieu du navire du côté de babord. Les charges extrêmes étaient à la distance de 21 mètres l'une de l'autre. L'effet de l'explosion fut que l'épave se souleva de 2 mètres au-dessus de sa position primitive et se brisa complètement en retombant. Une grande partie du pont fut enlevée et une partie du chargement remonta à la surface, une masse de vase fut projetée et la profondeur d'eau sur la rive qui était de $0^m,30$ à $0^m,50$ fut portée à $1^m,20$ et $1^m,50$.

On fit partir simultanément deux charges de gélatine explosive de 22 kilogrammes chacune dans la chaudière et après qu'une autre de 11 kilogs eut été tirée dans le foyer, la chaudière qui était neuve et faite avec des toles de 25 millimètres et des tirants de 30 millimètres, fut divisée en 50 morceaux sans compter les tubes et les accessoires.

Le travail fut terminé le 26 juillet 1881, ayant ainsi demandé deux mois et un jour. Tous les fragments de tôles, de cornières, etc., que les plongeurs purent retrouver furent remonter et enlevés. Il reste encore toutefois quelques parties des fonds enfouis dans la vase. On a employé en tout 790 kilogrammes de gélatine explosive et 475 kilogrammes de dynamite n° 1.

La dépense totale de l'opération s'établit comme suit :

Dynamite et matières	13,900 fr.
Main-d'œuvre	18,800
Remorquage des barques	1,300
Débarquement et dépeçage à Sulina	2,000
Droits	250
Total	36,250 fr.

Eu égard aux difficultés du travail dans un courant assez fort et dans des eaux très vaseuses, dans un coude de la rivière où le matériel était constamment exposé à des collisions avec une navigation très active, on a pris pour base d'organisation l'emploi de charges aussi fortes que possible pour ne pas perdre de temps. A cause de l'importance de ces charges, on n'a pas eu l'occasion de faire de comparaisons entre l'efficacité de la dynamite n° 1 et celle de la gélatine explosive. Celle-ci a toutefois le grand avantage de ne pas être altérée par une immersion prolongée dans l'eau.

Des essais faits avec de faibles qûantités de chacun des explosifs sur des tôles, des cornières et des fers à boudins de mêmes dimensions et dans les mêmes conditions, ont donné des résultats identiques.

Il n'est pas douteux que l'épave n'eût pu être enlevée en moitié moins de temps, avec la moitié du poids de dynamite employé et avec une dépense de moitié si la position n'avait pas été aussi défavorable et si la coque n'avait pas été envasée à l'intérieur et à l'extérieur.

Nous ajouterons que cette note présente surtout un intérêt particulier si on la rapproche du résumé que nous avons donné dans les comptes rendus de décembre 1881, page 657, d'un article publié dans les *Annales des Ponts et Chaussées* de novembre 1881 sur le renflouement du navire anglais *Brancepeth*, coulé à l'entrée du port de Saint-Nazaire, renflouement qui, déduction faite de la vente du navire, s'est traduit par une dépense restant à la charge de l'État, non compris les chaînes, de 187,558 francs.

La métallurgie en Amérique. — La production de la fonte brute aux États-Unis a atteint, en 1881, le chiffre de 5 millions de tonnes, contre 4,295,400 en 1880. La production totale de rails a été, en 1881, de 1,700,000 tonnes, dont 1,200,000 de rails d'acier et 500,000 tonnes de rails de fer. En 1880 il avait été fait 1,305,000 tonnes de rails, dont 864,000 d'acier et 441,000 de fer. En dehors de l'accroissement absolu de la production de rails, la proportion des rails d'acier a légèrement augmenté, étant passée de 66 pour 100 en 1880, à 70 pour 100 en 1881.

COMPTES RENDUS

ACADÉMIE DES SCIENCES.

Séance du 18 *septembre* 1882.

Note de M. Bouquet de la Grye sur le **Régime de la Loire maritime**. — L'auteur examine d'abord la triangulation de la portion de la côte de France comprise entre la plaine Guerandes et le Pellerin, triangulation refaite à nouveau l'an dernier, parce que les anciens points ou signaux avaient disparu. Il étudie ensuite le développement de la marée

dans le fleuve, le repérage des échelles et les précautions prises pour avoir en chaque point la hauteur de la mer à 1 ou 2 centimètres près, malgré l'oscillation des lames. Il passe ensuite à l'exposé des règles de la navigation du fleuve, avec les routes à suivre pour avoir le maximum de profondeur, en indiquant que deux passes nouvelles se sont formées près de la barre extérieure, lesquelles offrent des conditions meilleures que l'ancien alignement donné pour faire arriver les navires à Saint-Nazaire.

La dernière partie est la comparaison de l'état actuel du fleuve aux états antérieurs.

L'auteur conclut que :

Entre Nantes et Saint-Nazaire, il se dépose, chaque année, 590,000 mètres cubes de vase et de sable, provenant de la dénudation des pentes des montagnes du Forez et de l'Auvergne. Le volume des passes, qui est la caractéristique des propriétés nautiques d'un estuaire, a diminué, chaque année, depuis soixante ans, de 56,000 mètres cubes.

La Loire maritime a perdu, depuis 1821, un débit moyen par seconde de 1,774 mètres cubes par le travers de Saint-Nazaire.

La barre extérieure du fleuve s'est élevée de $0^m,70$ depuis 1864; elle est déjà gênante actuellement et il est probable qu'elle s'élèvera encore de manière à rendre un jour difficile l'arrivée des grands navires à Saint-Nazaire.

L'auteur, pour faire revenir le fleuve à sa constitution antérieure, préconise une amélioration lente mais sûre, obtenue des reboisements et des gazonnements de pente et par un tracé scientifique donné au lit de l'Allier. Il indique également, dit-il, un procédé économique pour faire écouler rapidement à la mer les 40 millions de mètres cubes qui se sont déposés depuis soixante ans.

Note de M. Trève sur **l'action de présence des feuilles de zinc dans les chaudières et sur un procédé pour éviter les explosions.** — M. Trève donne l'analyse de l'action des feuilles de zinc sur les chaudières des machines marines pourvues de condenseurs à surface.

La chaudière en tôle de fer et le zinc forment une pile qui décompose l'eau en ses deux éléments. L'oxygène forme de l'oxyde de zinc qui se combine avec les acides gras mêlés à l'eau d'alimentation et donne naissance à des savons de zinc qui s'opposent à l'adhérence des dépôts sur les surfaces intérieures.

L'hydrogène doit agir en entretenant l'ébullition après l'avoir amorcée, et, par conséquent, joue un rôle utile pour prévenir les explosions par suite de surchauffe.

Mais cette action de l'hydrogène ne se produit pas toujours régulièrement et surtout dans les proportions nécessaires. L'auteur propose donc de la compléter par une injection modérée mais continue de gaz chauds à la partie inférieure des chaudières, de l'acide carbonique, par exemple.

Il croit qu'on obtiendrait, par cet amorçage et cet entretien régulier de l'ébullition, une vaporisation plus rapide, une utilisation meilleure du combustible, et, enfin, une plus grande sécurité par suite de l'impossibilité de la surchauffe de l'eau qui est considérée par beaucoup de personnes comme la cause principale des explosions inexpliquées.

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

JUIN 1882.

Rapport de M. COLLIGNON sur **la balance dynamométrique de M. Raffard**. — Cette balance est un perfectionnement du frein Carpentier qui étend les limites de l'emploi de l'appareil jusqu'à la mesure des forces de 6 chevaux environ. M. Raffard emploie, au lieu de cordes, des lanières en tresses plates qui s'appliquent à la surface des tambours cylindriques qui remplacent les poulies à gorge.

Le rapport décrit également deux dispositions de dynamomètres dus à M. von Hefner Alteneck, dont nous avons décrit une dans la chronique de mars 1881, p. 359.

Conférence sur **le phylloxera** faite à la Société d'encouragement le 1er avril 1882, par M. J.-A. BARRAL.

Communication de M. LARTIGUE sur le système de **correspondance téléphonique** adopté dans la ville de Paris et sur les résultats obtenus pour la **transmission de la musique** à l'exposition d'électricité.

JUILLET 1882.

Rapport de M. BAUDE sur le **frein à vide** de MM. MARTIN ET DU TREMBLAY. — Ce rapport a pour but de décrire le système de frein à vide, breveté par MM. Martin et du Tremblay, en 1860, système qui présente une similitude qui mérite d'être signalée avec le système de MM. Smith et Hardy, employé par la Compagnie du Nord.

Des essais avaient été faits dès 1862 sur le premier, mais on n'attachait pas à cette époque aux freins continus l'importance que leur a donnée la multiplication des trains sur les chemins de fer et l'accroissement de la charge et de la vitesse; on redoutait les complications et il n'est pas très étonnant que les inventeurs, dont l'un est mort et dont l'autre, M. Martin,

ancien élève de l'École centrale est dans une situation malheureuse et des plus dignes d'intérêt n'aient pas réussi pour une chose que d'autres, plus heureux que lui, ont fait adopter, en partie, dans la grande industrie des chemins de fer.

Rapport de M. Ernest Dumas sur le **moufle mobile pour la cuisson des peintures sur porcelaine et sur faïence**, de M. Prevot. — Ce fourneau se compose d'une cuve en fonte où on place les pièces à cuire et d'un foyer circulaire qui l'enveloppe et permet de porter toutes les parties à une température qu'on peut faire varier au moyen de registres entre 700 et 950 degrés centigrades.

On brûle du coke ou du charbon de bois, dont la dépense peut être de 40 à 50 centimes pour une opération durant de quatre à cinq heures dans laquelle on peut cuire huit ou dix assiettes ou un objet de $0^m,40$ en tout sens.

Le prix de l'appareil est de 120 francs, et la résistance est telle qu'on a pu exécuter près de cent opérations dans le même fourneau sans altération sensible.

Cet appareil, qui est très peu encombrant, se recommande aux artistes et aux amateurs qu'il délivre de l'ennui de faire cuire leurs produits au dehors.

Calibreur de tubes, par M. le colonel Goulier.

Discours prononcé par M. Dumas à l'occasion de la **remise d'une médaille commémorative à M. Pasteur**.

Discours prononcé sur la tombe de **Henri Giffard** au nom de la Société d'encouragement, par M. Ch. de Comberousse.

Conférence sur les **matières colorantes** et autres dérivés de la houille, par M. Grimaux.

Rapport sur le **sucrage des vins** avec réduction des droits, présentés à la Société nationale d'agriculture de France, par M. J.-B. Dumas.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Aout 1882.

Arc d'expérience en maçonnerie de briques et ciment de Portland, rapport par M. de Perrodil, ingénieur en chef des ponts et chaussées. —

Cet arc a été établi, avec autorisation de M. le Ministre des travaux publics, pour permettre de vérifier la théorie de la résistance des matériaux et notamment les nouvelles méthodes pour le calcul des voûtes et arcs métalliques données par l'auteur.

Les matériaux, briques, sable et ciment furent d'abord soumis à des essais au point de vue de la qualité, puis on construisit une première voûte de 20 mètres de corde et 2 de flèche, formée de deux arcs parallèles, chacun d'une épaisseur égale à la largeur d'une brique, soit $0^m,105$.

Cette voûte donna des résultats très irréguliers dus à ce que certains joints étaient dégarnis de mortier. On a évité ces défauts dans la construction d'une seconde voûte semblable sur laquelle ont été effectuées un grand nombre d'expériences dont les résultats sont donnés dans des tableaux annexés au mémoire.

Ces expériences se divisent en quatre séries : dans la première on a observé les effets d'une charge uniformément répartie par mètre courant d'arc; dans la seconde, ceux d'un poids isolé près de la clef; dans la troisième, ceux d'un poids isolé placé à l'un des reins, au milieu de l'une des moitiés de l'arc, c'est-à-dire en un point placé à une distance de la clef égale au quart de l'arc; enfin, dans la quatrième, ceux des changements de température.

Note sur la **distribution d'eau de Coulommiers**, par M. THANNEUR, ingénieur des ponts et chaussées. — Cette distribution d'eau est faite depuis 1880 par les eaux de la source de la Roche, située à 5 kilomètres de la ville et dont le débit, remarquablement constant, est de 1,200 à 1,300 mètres cubes par jour, soit 14 litres par seconde, ce qui correspond à 250 litres environ par jour et par habitant.

Les eaux sont amenées de la source par un tuyau cylindrique ayant deux mètres de pente par kilomètre, dont le diamètre de $0^m,25$ intérieur a été déterminé par la formule :

$$Q = 63,25\, \iota \sqrt{\frac{\Omega}{X}\, \iota}.$$

Cette dimension permet de débiter 28 à 30 litres par seconde; la vitesse minima est $0^m,55$ par seconde.

Cette conduite est en ciment Gariel et n'a que $0^m,08$ d'épaisseur ; elle a été moulée au fond de la tranchée sur des mandrins en tôle de deux mètres de longueur. Des regards circulaires espacés de cent mètres et fermés par une plaque de tôle permettent l'inspection de la conduite et son nettoyage au moyen d'un hérisson commandé par deux cordes de cent mètres chacune, qu'on envoie de regard en regard par l'intermédiaire d'un flotteur. Les regards ont été moulés sur place comme le tuyau.

Le mètre courant de tuyau seul a coûté 4 fr. 80. La profondeur moyenne des tranchées est de 1 mètre 50, il y a toujours au moins 1 mètre de terre sur la conduite ; dans un endroit on a dû descendre à $5^m,28$.

On a employé deux équipes d'ouvriers qui ont pu faire jusqu'à 60 mètres courants par jour chacune.

Le réservoir contient 1,200 mètres cubes, son trop plein est à 45 mètres au-dessus des rues les plus basses de la ville et au niveau de la corniche de la maison la plus élevée. Il a 5 mètres de profondeur et est en maçonnerie de meulière brute avec conduits en ciment Gariel et sable de rivière.

La conduite forcée est en fonte avec joints en caoutchouc système Lavril; elle a 0m,20 intérieur entre le réservoir et le centre de la ville, puis 0m,175, 0m,125, 0m,100, 0m,08 et 0m,06 selon l'importance des rues à desservir. Il y a vingt-sept bornes-fontaines et cinquante bouches d'arrosage sous trottoirs, munies les unes et les autres de raccords d'incendie.

Les concessions particulières sont au nombre de 300 environ rapportant 6,000 francs par an.

Les prix étant très bas, on pourrait arriver facilement à un produit de 8,000 à 10,000 francs.

Les dépenses se décomposent comme suit :

Terrassement de la conduite libre.	17,177 fr.
Conduite libre non compris les regards.	23,136
Réservoir.	36,038
Conduite forcée et accessoires, y compris terrassements, pavages, etc.	76,050
Branchements particuliers.	13,370
Dépenses en régie, prises d'eau à la source, regards, blindages, épuisements, etc.	32,512
Total.	198,283 fr.

Si on déduit de l'intérêt de cette somme le produit des concessions, on voit que les services publics de la ville ne lui coûtent presque plus rien, et que, par conséquent, l'opération a été avantageuse même au point de vue financier.

Étude sur les **qualités et essais des ciments** à prise lente, dits Portland, par M. Barreau, ingénieur des ponts et chaussées. — Cette note très considérable étudie successivement la nature des ciments de Portland, les procédés de dosage, la fabrication, les propriétés des ciments, les moyens de reconnaître leurs qualités, puis les essais pratiques avec examen de la composition, de la forme et de la confection des briquettes d'essai, les résultats obtenus par les essais de résistance.

Un appendice reproduit les règles pour uniformiser la livraison et les épreuves du ciment Portland fixées par le ministère des travaux publics de Prusse par l'arrêté du 10 novembre 1878.

Un second appendice donne le type de devis pour fourniture de ciment Portland contenu dans le Mémoire de M. Grant à l'*Institution of Civil Engineers*, et un troisième est la reproduction d'un extrait du cahier des charges

des fournitures de ciment à faire pour les travaux du nouveau port de Boulogne.

ANNALES DES MINES

3e *livraison de* 1882.

Note sur la **Géologie du bassin houiller de Newcastle**, par M. Soubeiran, ingénieur des mines. — La production houillère du bassin de Newcastle, qui est celui des comtés de Durham et de Northumberland, dépasse, depuis 1873, le chiffre de 30 millions de tonnes par an et a atteint 35 millions en 1880.

Une partie de ce bassin est sous la mer et une question qui se pose est celle de la quantité qu'on pourra extraire de cette dernière partie. Quelques ingénieurs anglais admettent qu'on pourra aller jusqu'à 12 kilomètres ; l'auteur ne partage pas cette opinion ; il ne croit pas qu'on puisse, sans des dangers dont la réalité a été montrée par des faits récents arrivés dans le Cumberland, dépasser 4 à 5 kilomètres. On trouve alors que le bassin contient 7 1/2 milliards de tonnes de houille livrable au commerce; en supposant qu'il en a déjà été enlevé un demi-milliard, il resterait 7 milliards de tonnes de combustible facilement exploitable, ce qui semble assurer encore la consommation de près de deux cents ans au taux actuel.

Examen critique des hypothèses auxquelles on a recours pour calculer les efforts transmis aux **pièces des systèmes de barres employés dans les constructions**, par M. Resal, ingénieur en chef des mines. — Cette note est extraite du *Cours de construction de l'École des mines:* elle concerne particulièrement les charpentes de combles et certaines catégories de ponts.

Note sur le **gisement et l'exploitation de l'or** à la Guyane française, par M. Flory, ingénieur civil des mines. — Cette note contient des renseignements très intéressants sur tous les éléments de la question, topographie, moyens de communication, géologie, exploitation, législation et statistique de la production de l'or. Cette production suit une marche ascendante. En 1868, la production a été de 297 kilogrammes, et, en 1880, de 1872. En 1881, 6 établissements sur 324 concessions régulières ont produit plus de 8 kilogrammes chacun par mois, soit les trois quarts de la production totale de la Guyane française. Mais il faut dire que les chiffres ci-dessus ne représentent pas la production réelle, parce qu'on doit

admettre que l'or volé et exporté clandestinement atteint à peu près le quart de la production, soit de 4 à 500 kilogrammes par an.

Il est probable qu'avec une exploitation intelligente et raisonnée et des réglementations sévères, la Guyane pourrait, pour la production des minéraux précieux, marcher de pair avec le Vénézuéla et le Brésil.

Note sur le **Planimètre d'Amsler**, par M. Thiré, ancien élève de l'École des mines.

Note sur les **Essieux et les bandages**, par M. Worms de Romilly, ingénieur des mines. — C'est une note sur l'usure et les avaries des bandages et des essieux, composée à l'aide de documents relevés au chemin de fer du Nord, de 1876 à 1880.

Les conclusions sont que, au point de vue de l'usure des bandages, les roues motrices libres sont les plus défavorables, l'accouplement n'offrant que des avantages aussi bien pour les essieux que pour les bandages.

Le fer donne de mauvais résultats pour les bandages de roues motrices libres et des roues de support de machines et de tenders ; l'acier est bien préférable.

L'acier Bessemer convient pour les roues soumises à l'action des freins ; l'acier fondu est supérieur pour les autres roues.

L'usure paraît augmenter pour les bandages en fer avec le diamètre, et diminuer pour les bandages en acier.

Les essieux en fer présentent sur les essieux en acier l'avantage qu'ils se forcent ou se criquent le plus souvent sans se rompre, tandis que les essieux en acier se rompent en général en service.

Les essieux en acier subissent des avaries après un parcours assez faible, mais il est probable que ceux qui résistent ont un parcours bien supérieur à celui des essieux en fer. Les données nous manquent complètement sur le parcours des essieux en acier arrivés à leur limite d'usure, mais le fait que ces essieux se brisent souvent constitue un danger qui n'est pas sans importance.

Il est donc plus prudent d'employer le fer pour cet usage, sans cependant qu'il y ait lieu de renoncer à l'emploi de l'acier.

Les essieux de wagons et *à fortiori* de voitures semblent devoir être de préférence faits en fer.

Les essieux coudés périssent tous par le tourillon, mais presque toujours il se produit préalablement des criques qui permettent de prévoir la rupture et de retirer la pièce du service auparavant. On peut donc sans inconvénient employer les essieux coudés en fer. Avec l'acier, le nombre des essieux rompus en service est égal à celui des essieux retirés parce qu'ils sont criqués.

L'auteur termine en indiquant que plusieurs de ces conclusions, basées sur les résultats fournis par une seule compagnie, sont, par conséquent, discutables, et que, s'il était possible de réunir les nombreux documents

indispensables pour un tel examen, il faudrait faire une étude semblable pour plusieurs grandes compagnies en France et même à l'étranger.

Expérience sur la **Pression du grisou dans la houille**, par M. Lindsay Wood, traduction par extraits de M. Mallard, ingénieur en chef des mines.

Notice sur la **Composition des pailles** qui se détachent de la partie supérieure des gueusets de certaines fontes d'affinage et sur quelques variétés de laitiers obtenues dans la fabrication des fontes de moulage, par M. Janmain, ingénieur des hauts fourneaux de la Société de la Providence.

Tambours spiraloïdes, pour les câbles d'égale résistance, par M. Haton de la Goupillière, ingénieur en chef des mines.

COMPTES RENDUS MENSUELS DES RÉUNIONS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE, 1er juillet 1882.

Communication de M. Charousset, sur le **Rendement des transmissions électriques**.

Note sur l'**Épuration des fers, fontes et aciers par l'action de l'hydrogène humide**, par M. Thiollier. — Il s'agit d'expériences faites sur le brevet Cely dans une petite usine d'expérimentation industrielle établie aux environs de Paris.

Il y a quatre fourneaux contenant des cornues en fonte de formes diverses où on peut traiter ensemble une tonne de métal par opération ; ces cornues sont vitrifiées à l'intérieur. On y met les métaux à traiter, on lute les couvercles et on chauffe au rouge sombre ; après avoir purgé l'air par un courant d'acide carbonique, on fait passer un courant d'hydrogène humide, produit par la réaction sur du zinc d'acide sulfurique étendu.

L'hydrogène, dans ces conditions, dépouille, d'après l'inventeur, les métaux ferreux des métalloïdes, tels que soufre, phosphore, silicium, arsenic, azote, carbone, etc. Les expériences ont donné des résultats très affirmatifs pour la fonte malléable, l'acier et le fer, l'étude sur le traitement de la fonte ordinaire n'étant pas encore achevée.

Le traitement par l'hydrogène est peu coûteux, 2 francs par 100 kilo-

grammes, au grand maximum, pour ceux contenant de notables proportions de soufre, phosphore, etc.

Communication de M. Baretta, sur le **Rôle des poussières de houille dans les accidents de grisou.** — C'est une analyse du Mémoire de MM. Mallard et Le Chatelier, publié dans la première livraison de 1882 des *Annales des Mines.*

DISTRICT DU SUD-EST.

Séance du 2 *juillet* 1882, à Alais.

Communication de M. Escalle, sur l'**Usure des rails d'acier.** — M. Escalle indique qu'il a fait, le 30 mai, la revision des premiers rails en acier Martin, fabriqués à Tamaris, pour le Paris-Lyon-Méditerranée, sur la ligne du Bourbonnais, entre Gien et Montargis. Ces rails avaient été placés au commencement de 1880 et le cahier des charges portait que la revision serait faite après le passage de 10,000 trains, ce qui correspond à environ deux années de service et un trafic de 2,700,000 tonnes.

Le résultat a été : aucun rebut, aucune observation; les rails étaient parfaitement unis et polis sur toute la surface de contact du champignon. De plus, l'usure était inappréciable. Cet acier était de l'acier doux, contenant 1/2 pour 100 de carbone et 0,826 de matières étrangères, total, 1,326 pour 100.

Ce fait confirme donc les idées émises par M. Grüner, dans son étude sur l'acier pour rails, publiée dans les *Annales des Mines*, que c'est l'acier doux qui convient à la fabrication des rails et que, plus l'acier est doux, moins il s'use au frottement, ce qu'il explique par l'action corrosive de l'air humide, plus active sur les rails durs que sur les rails doux.

On a constaté, au P.-L.-M., que l'usure annuelle est en moyenne de trois dixièmes de millimètre par an sur la grande ligne, en dehors des gares et des tunnels, pour les premières année de service; l'usure diminue ensuite et, après dix ans de service, elle est descendue à un dixième et demi de millimètre par an.

Comme les rails peuvent sans inconvénient s'user de 12 millimètres, on en conclut que la durée des rails peut être estimée à 80 *ans sur les voies les plus fatiguées.*

Mais ces durées, qui sont encore moindres que celles qu'on peut attribuer aux rails de Pensylvanie, ne peuvent être obtenues que par de l'acier doux.

Communication de M. Landrivon, sur un **Dégagement anormal de grisou au puits de l'Arbousset.** — Le 20 novembre 1881, il s'est produit, dans ce puits, un éboulement suivi d'un énorme dégagement de grisou, lequel s'est ensuite produit par intermittences. On a dû faire un barrage et une canalisation pour conduire au dehors le grisou, dont l'écoulement a duré plus de sept mois. Il est difficile de comprendre qu'un éboulement, en somme très minime, ait pu produire une si grande quantité de gaz sans admettre, suivant la théorie de M. Arnould, que le grisou est emprisonné dans les roches du terrain houiller, soit à l'état liquide, soit même à l'état solide.

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE, 5 août 1882.

Lettre de M. Marsaut, sur **Une lampe de sûreté.** — Cette lettre signale un danger très grave et ignoré jusqu'ici que présente la lampe Mueseler, type réglementaire belge, que M. Marsaut a reconnu dans des expériences faites par lui à la suite du Congrès d'Alais. Dans un mélange d'air et de gaz d'éclairage, à l'état de repos, l'explosion intérieure qui se produit sous le diaphragme et qui éteint habituellement la lampe, traverse en moyenne 15 fois sur 100 ce diaphragme en allumant le gaz dans le tamis, et communique à peu près 1 fois sur 100 l'explosion au dehors. Les passages de la flamme par le diaphragme s'élèvent, dans certaines séries d'épreuves, jusqu'à 50 pour 100, et les explosions extérieures jusqu'à 5 pour 100. Ce fait explique d'une manière toute naturelle le malheureux accident de Champagnac.

M. Marsaut a fait, à la suite de ces constatations, établir un type de lampe modifié, lequel a subi jusqu'ici 5,500 détonations internes sans que l'explosion se soit communiquée au dehors et dans des conditions où toutes les autres lampes, y compris la Mueseler belge, ont été mises en défaut.

Les particularités de cette lampe sont une cuirasse métallique, formée par un cylindre en tôle, fermé par un treillis métallique à la partie supérieure qui enveloppe complètement le tamis et le protège contre un accident imprévu. Cette cuirasse porte à la partie inférieure une série d'ouvertures permettant à l'air nécessaire pour la combustion de pénétrer dans la lampe. Cet air, pour arriver sur la flamme, se trouve obligé de suivre un chemin contourné. Le danger causé par les courants d'air obliques, descendants et animés d'une grande vitesse, se trouve complètement écarté. Le diaphragme horizontal, qui est une des caractéristiques de la lampe Mueseler, est supprimé et remplacé par une simple rondelle destinée à soutenir la cheminée. Le diaphragme est remplacé par un tamis complet en treillis de 144 mailles au centimètre carré et enveloppant complètement la cheminée.

Communication de M. Monin, sur le **Four à coke Lürmann**.

Communication de M. Chansselle, sur l'**Injecteur à vapeur d'échappement**, de MM. Hamer, Metcalfe et Davies, construit, en France, par la maison Manlove, Alliot, Fryer et Cie, à Rouen. — Cet injecteur prend l'eau en charge et l'introduit dans la chaudière sans employer d'autre vapeur que celle qui est prise dans le tuyau d'échappement de la machine. Il donne une économie notable, d'abord parce qu'il ne prend pas de vapeur à la chaudière, et ensuite parce qu'il réduit, d'après les constructeurs, la contre-pression. Cette économie est évaluée à 15 pour 100. Pendant les arrêts de la machine, on alimente, par une disposition de tuyaux facile à imaginer, avec la vapeur de la chaudière.

Note de M. Chansselle, sur les **Sondages de Lubière et de Rilhac** (bassin de Brassac).

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE, 5 septembre 1882.

Communication de M. Brunet sur **le grisou dans les salines de Bex**.

Le sel se trouve dans les salines de Bex (Suisse), en amas considérables, sous forme de lentilles empâtées dans l'anhydrite des couches du lias et renfermées entre les strates calcaires. On exploite le sel par dissolution et on traite les eaux dans des bâtiments de concentration situés à plusieurs kilomètres, où on les envoie par des tuyaux.

En perçant les galeries à travers bancs, on a, à diverses reprises, constaté des sorties de grisou, qu'on avait, d'abord, cherché à utiliser en captant le gaz avec des tuyaux; mais le dégagement s'est produit dernièrement avec une intensité telle, que les appareils de captage ne purent résister et que, la combustion étant éteinte faute d'oxygène, les galeries restèrent pleines de grisou.

Le directeur des salines, M. Rosset, eut l'idée de brûler le grisou en introduisant de l'air, et en allumant le mélange par l'électricité ou la poudre.

On emploie des tubes en fer, où on injecte de l'air avec un compresseur, et qu'on pousse dans les galeries sur un wagonnet. On met le feu avec des des capsules formées de chlorate de potasse et de sulfure d'antimoine, qu'on allume par l'étincelle électrique. On a pu ainsi, en trois opérations, débarrasser la galerie sur 90 mètres de longueur.

Communication de M. Évrard, sur son **laveur classificateur**.

Cet appareil est représenté par un modèle en verre; il est formé de deux

cuves concentriques, entre lesquelles on insuffle de l'air par un tube en caoutchouc, lorsque l'intervalle est rempli d'eau à peu près jusqu'au sommet. On jette dans le tube central, dont le pied est formé d'une tôle perforée, une charge de charbon et de pierres; on opère ensuite de diverses manières, en soufflant et aspirant alternativement avec la bouche pour produire un mouvement alternatif de l'eau au-dessus et au dessous du tamis, en donnant à l'eau un mouvement intermittent de même sens, et en agissant de diverses manières sur le tube central, pour le faire descendre par secousses dans le tube extérieur, l'espace annulaire étant plein d'eau.

Les expériences prouvent qu'il n'est pas possible d'obtenir une séparation complète par des admissions d'eau toujours de même sens sous le tamis, à moins d'opérer sur des matières parfaitement calibrées, nécessairement non friables, ce qui n'est guère possible avec la houille, et que les effets sont identiques et, par conséquent, les résultats les mêmes dans les deux cas : du soulèvement de la charge au-dessus du tamis, ou du dérobement du tamis sous la charge.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS.

8e LIVRAISON DE 1882.

Expériences sur les dépenses de vapeur et d'eau d'une machine Compound verticale, résumé par M. K. Morgenstern, contrôleur des machines et chaudières, à Leipzig.

Mécanisme hydraulique de manœuvre du pont tournant Niederbaum, à Hambourg, par M. Kaferstein, ingénieur à Magdebourg (*suite*).

Chauffage et ventilation de la nouvelle bourse de Berlin, par M. H. Fischer, professeur à l'École technique supérieure de Hanovre.

Résultats de la station d'essai des combustibles de Munich, réponse au mémoire publié dans ce bulletin par M. J. Lüders (voir comptes rendus de 1882), par le docteur H. Bunte, professeur à l'École technique supérieure de Munich.

Extraction du sucre des mélasses de betteraves, par M. R. Schölter, professeur à l'École technique supérieure de Hanovre.

Locomotives pour chemins de fer secondaires et chemins de fer sur routes.

Extincteurs d'incendie.

Joints compensateurs pour les grandes conduites de vapeur.

9e LIVRAISON DE 1882.

L'exploitation des mines à l'Exposition d'électricité de Paris, par M. W. Schulz, à Aix-la-Chapelle.

Les nouvelles machines à gaz, par M. R. Schöttler, à Hanovre.

Nouveaux freins et manivelles de sûreté, par M. A. Ernst, à Halberstadt.

Les nouveaux barrages mobiles, par M. Klett, architecte, à Hanovre.

Nouveau perfectionnement dans l'extraction du zinc.

Les procédés de déphosphoration du fer, au point de vue des patentes, dans l'empire d'Allemagne.

Machines élévatoires de Saïgon.

Machines élévatoires de Pierre-la-Treiche.

Machines élévatoires de Selly-Oak, pour la distribution d'eau de Birmingham.

Machines à mouler les tuyaux de Sayn.

Chauffage de l'air pour les hauts fourneaux.

De la discipline du personnel des locomotives et de son influence sur la sécurité de l'exploitation des chemins de fer, par le docteur S. Moor, le docteur H. Pollnow et le docteur D. Schwabach.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ET ARCHITECTES D'AUTRICHE.

2e *livraison de* 1882.

Les torrents du Gailthal et leur régularisation, par M. P. Grueber, directeur de la correction des eaux du Gail.

Le vieux château de Regensburg, compte rendu d'une excursion de la section d'architecture de la Société des Ingénieurs et Architectes d'Autriche, en juin 1881, par M. le conseiller Alexander von Wielemans.

Construction et installation des entrepôts en Allemagne et en Hollande,

par M. J. Unger, architecte, attaché à la Compagnie du Nord-Ouest Autrichien, à Vienne.

Du calorimètre, avec description de l'appareil spécial employé pour les recherches du comité de calorimètrie de la Société des Ingénieurs et Architectes d'Autriche.

Le Secrétaire-Rédacteur,

A. MALLET.

PARIS. — IMPRIMERIE E. CAPIOMONT ET V. RENAULT, RUE DES POITEVINS 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

OCTOBRE 1882

N° 10

Pendant le mois d'octobre la Société a traité les questions suivantes :

1° *Creusement du tunnel sous-marin* au moyen d'appareils hydrauliques, système Crampton, par M. Bergeron (séance du 6 octobre, page 380).

2° *Chemins de fer d'intérêt local* (Cahier des charges des), par M. A Moreau (séance du 6 octobre, page 384).

3° *Chemin de fer métropolitain* (Traction des), par M. Francq (séances des 6 et 20 octobre, page 396 et 405).

4° *Congrès international d'hygiène*, tenu à Genève par la Société de médecine publique, communication par M. Émile Trélat (séance du 20 octobre, page 406).

5° *Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences*, tenu à La Rochelle, communication par M. Émile Trélat (séance du 20 octobre, page 410).

6° *Port de La Rochelle*, par M. Douau (séance du 20 octobre, page 413).

Pendant le mois d'octobre, la Société a reçu :

De M. Maurice Kœcklin, un exemplaire de sa *Théorie des arcs à rotation libre sur les appuis.*

De M. de Quillac, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur les *Machines d'extraction à détente automatique.*

De M. Besson Charles, un exemplaire de sa notice sur la *Seine maritime et le port du Havre.*

De M. A. Leger, membre de la Société, un exemplaire de sa notice sur les *Canaux dérivés du Rhône, un projet plus économique.*

De M. Nordling, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure intitulée : *Die Bosnabahn.*

De M. Janicki, membre de la Société, un exemplaire de sa note sur un nouveau système de *Barrages mobiles à Chevalets* et un exemplaire de sa note intitulée : *Die verschiedenem methoden zur Verbesserung der schiffbakeit von Flussen in Deutschland, Frankreich, Russland u. s. w.*

De M. Harrand, membre de la Société, une notice sur l'*Ascenseur hydraulique pour bateaux.*

De M. Edwin Clark, ingénieur, deux exemplaires de sa note intitulée : *Report upon the accident to the Hydraulic canal Sift at anderton.*

De M. Farcot Emmanuel, membre de la Société, les plans et les courbes tirées avec l'indicateur de Watt, de son nouveau type de *Machine à vapeur à deux cylindres, avec un tiroir de distribution et un seul presse-étoupe pour la tige des pistons.*

De M. Houbigant, membre de la Société, une note sur un *Genre vélocipède (trycicle), roulant à l'intérieur d'un rail circulaire vertical, appareil à vitesse variable et à pédales indépendantes.*

De M. Fousset, membre de la Société, un mémoire sur l'*Algérie et les chemins de fer à voie étroite.*

De M. Masson, éditeur, un exemplaire de l'*Étude et les progrès de l'hygiène en France*, de 1878 à 1882, par MM. Napias et A. J. Martin.

De M. Gaune, membre de la Société, un exemplaire de sa proposition de *Retraite pour tous.*

De M. Cottrau, membre de la Société, des exemplaires de son mémoire sur ses *Locomotives avec roues à double bandage soit avec quatre roues motrices sur chaque essieu moteur.*

Les Membres nouvellement admis sont :

MM.	Crémont (de),	présenté par MM.	De Comberouse, Gottschalk et Le Roy.
	Dodement,	—	Girardin, Gottschalk et Maire.
	Groselier,	—	Mallet, Schawb et Émile Trélat.
	Hudelo,	—	Delaporte, Douau et Émile Trélat.
	Latinis,	—	Girardin, Gottschalk et Maire.
	Marmiesse,	—	Debar, Delannoy et Doumerc.
	Moyaux,	—	Gottschalk, Kremer et Penny.
	Résimont,	—	Gottschalk, Maire et Marché.
	Walrand,	—	Gautier, Gottschalk et Rocour.

L'ALGÉRIE

ET

LES CHEMINS DE FER A VOIE ÉTROITE

PROGRAMME RATIONNEL

DU

RÉSEAU ALGÉRIEN

PAR M. A. FOUSSET

INTRODUCTION

Il paraîtra sans doute étonnant, qu'en l'année 1882, après plus de cinquante années d'occupation française, on soit encore à rechercher le régime des chemins de fer le mieux approprié aux besoins de l'Algérie.

Il faut bien le reconnaître cependant, jusqu'à présent on a marché au jour le jour, procédant par espèce et un peu au hasard, sans suivre aucun programme d'ensemble.

Particularité frappante à noter : toute l'administration de la Guerre, commandement et génie, est favorable à la voie étroite de 1 mètre à 1^{m},10, qu'elle déclare, après expérience, largement suffisante pour répondre à tous les besoins stratégiques en Algérie ; au contraire, l'administration des Travaux publics avait toujours préconisé, jusque dans ces dernières années, la voie de 1^{m},45.

Mais on doit rendre cette justice aux ministres et fonctionnaires actuels, qu'ils veulent sortir enfin de cet état d'indécisions et de tiraillements, et qu'ils cherchent très consciencieusement les moyens d'éclairer la question, d'une façon complète, pour la résoudre d'une manière définitive.

Désormais le réseau Algérien doit-il être construit à voie large ou à voie étroite ?

Telle est la grande question mise à l'ordre du jour par les deux ministères, de la Guerre et des Travaux publics.

A la date du 7 mars 1882, le Ministre de la Guerre adressait aux autorités militaires de l'Algérie, — généraux commandant l'armée et directeurs du génie, — une lettre circulaire, dont nous donnons ci-après quelques extraits textuels, en soulignant les passages les plus saillants, pour bien faire ressortir son caractère et sa portée.

. . . .

« M. le Ministre des Travaux publics vient de me consulter, dit M. le « Ministre de la Guerre, sur la question de savoir si, au point de vue « des intérêts militaires, on pourrait se contenter de la *voie étroite* « *d'un mètre* d'écartement pour le chemin de fer de. . . . .

« Profitant de cette circonstance pour étendre la question, il m'a « demandé en même temps quelle était, *d'une manière générale, l'avis* « *du département de la Guerre au sujet de la nature de la voie, large* « *ou étroite, à adopter désormais pour les nouvelles sections du réseau* « *Algérien.*

« Jusqu'ici cette question n'a point été examinée d'ensemble, et le « département de la Guerre n'a eu à se prononcer que par espèce, « chaque fois qu'il a été consulté à propos de l'ouverture des lignes « nouvelles.

« C'est ainsi que, tout dernièrement, l'avis avait été émis que la « section de Souk-Ahras à Ghardimaou devait être construite à voie « large, c'est-à-dire *dans les mêmes conditions que les sections qu'elle* « *est destinée à réunir*, afin d'éviter les inconvénients d'un change- « ment de voie sur le chemin de fer stratégique destiné à relier les « trois provinces entre elles et avec la Tunisie, depuis Oran jusqu'à « Tunis . . . .

« Quant aux *lignes perpendiculaires* au littoral, les solutions ont

« varié, et on peut dire néanmoins qu'*en général la voie étroite avait* « *la préférence*. Je n'en veux pour preuve que . . . .

« Cette dernière disposition (voie étroite) s'appliquant à deux lignes « s'enfonçant du Tell vers le Sahara, permettrait de réaliser une « notable économie et d'abréger en même temps la durée d'exécution. « De plus, les transports de troupes et de matériel vers le sud de « l'Algérie, devant toujours être assez limités, on avait pensé que, « même construites à voie étroite, ces lignes pourraient suffire à tous « les besoins des colonnes expéditionnaires, ainsi que cela venait « d'avoir lieu dans le Sud-Oranais, le rôle de ces voies ferrées devant « être identique à celui du chemin de fer du Kreider.

« En présence de l'*insistance de M. le Ministre des Travaux publics* « *à revenir sur cette question*, il importe d'*être exactement et défini-* « *tivement fixé* sur les inconvénients et les avantages que peut pré- « senter, *pour les opérations militaires en Algérie*, l'emploi des « *différents types de largeur de voie.* »

. . . .

C'était vers la fin de la campagne du Sud-Oranais, à l'époque où nous terminions la ligne militaire de Kreider-Mecheria, à l'écartement de 1^{m},10, comme le chemin de fer d'Arzew à Saïda, dont elle est le prolongement. L'autorité militaire nous fit l'honneur de nous adresser la dépêche ministérielle, en nous demandant « notre opinion, non « seulement sur les diverses questions posées par le Ministre, mais « aussi sur l'intérêt qu'il y aurait, tant au point de vue de la construc- « tion qu'à celui de l'exploitation, à substituer au début la voie étroite « à la voie normale, sur toutes les lignes, en Algérie. »

Certes notre conviction était faite depuis longtemps et affermie chaque jour d'avantage par les résultats indiscutables de l'expérience acquise, — expérience faite d'ailleurs, il faut bien le dire, surtout à l'étranger.

Et puisqu'il s'agit ici, avant tout, d'une *question stratégique*, est-il donc quelqu'un dont l'esprit ne soit pas frappé par les immenses *résultats militaires* obtenus *à cette heure même :*

1° Par l'armée française, en Algérie, dans la campagne du Sud-Oranais, avec le chemin de fer de 1^{m},10, qui s'enfonce vers Figuig, d'Arzew à Saïda, Kreider et Mecheria, sur une longueur de 352 kilomètres;

2° Par l'armée autrichienne, en Bosnie, avec la petite voie improvisée de 0m,76, allant de Brood à Zenica et Sarajevo, sur une longueur de 270 kilomètres !

On nous saura gré de citer ici quelques phrases de la lettre que M. W. Nordling, lui-même, vient d'adresser à la Société des Ingénieurs civils de France au sujet de cette dernière voie.

« A peine l'armée autrichienne avait-elle envahi la Bosnie, en « automne 1878, dit M. Nordling, qu'elle éprouva les plus grandes « difficultés de ravitaillement. L'Intendance payait jusqu'à 3 fr. 60 par « tonne et par kilomètre, et ne pouvait pas répondre de la subsistance « du corps d'occupation, car les routes ouvertes à l'armée par le génie « militaire menaçaient de devenir impraticables. Dans cette extrémité, « le Ministre de la Guerre décida l'établissement d'un chemin de fer « provisoire, partant de la place de Brood-sur-la-Save, et se dirigeant « à peu près du nord au sud, vers la capitale, Bosna-Séraï ou Sarajevo. « Pour aller plus vite, on devait utiliser des voies et wagons au faible « écartement de voie de 0m,76, restés disponibles d'une entreprise de « terrassement.

« On construisit ainsi 190 kilomètres de chemin de fer, avec des « rayons de 50 et même de 40 mètres, avec des déclivités de 14 milli- « mètres par mètre, franchissant quatre fois la rivière de Bosna sur « des ponts de 130 à 190 mètres de débouché et aboutissant à la « petite ville de Zenica.

« *Ce chemin de fer improvisé, qui ne devait transporter que les* « *munitions de guerre et les subsistances militaires, et qui, une fois* « *l'occupation consommée et assurée, devait disparaître, se vit bientôt* « *entraîné à effectuer des transports de troupes et à ouvrir ses gares* « *aux voyageurs civils et aux marchandises du commerce. Il subsiste* « *encore aujourd'hui et, à force de renouvellements et de parachève-* « *ments, il est devenu l'artère principale de ce pays de* 500 *myria-* « *mètres carrés, arraché à l'inertie orientale.*

« Zenica n'étant pas un terminus convenable, on travaille en ce « moment avec la plus grande activité à prolonger la ligne d'environ « 80 kilomètres, jusqu'à Sarajevo. L'ouverture de ce prolongement « doit avoir lieu au mois de septembre prochain. On aura alors 270 ki- « lomètres de voie étroite ! . . . . »

N'est-il pas étrange et vraiment humiliant, d'être obligé de constater que ces grandes conquêtes sur la routine, au lieu d'être le résultat d'une initiative raisonnée et hardie, sont le plus souvent imposées par les exigences brutales de la nécessité, plus forte que les prévisions de l'homme. — Trop heureux encore, quand le génie humain, en enregistrant ces progrès forcés a, du moins, le bon sens de profiter de ces grandes leçons.

Notre conviction profonde est que la voie large n'est pas à sa place en Algérie : tout le *réseau algérien* devrait être à *voie étroite;* ce principe nous paraît hors de conteste.

Nous ajouterons, mais sans être aussi absolu, que ce *réseau algérien à voie étroite* devrait être établi, savoir :

1° Le *réseau stratégique* à l'écartement de $1^m,10$, le matériel de cette voie se prêtant à une admirable utilisation pour les transports de la guerre, comme nous le verrons plus loin;

2° Le *réseau agricole,* — et il faudra y songer dans un avenir plus rapproché qu'on ne pense, — à l'écartement plus réduit de $0^m,75$.

La voie très économique de $0^m,75$, qui est considérée aujourd'hui comme étant la limite inférieure la plus convenable pour les lignes agricoles ouvertes aux services publics, est appelée dans l'avenir à un développement important en Algérie, pour favoriser les exploitations agricoles, minières, etc...

Quant à la voie de $1^m,10$, dont le matériel se prête si avantageusement aux transports militaires, c'est précisément le terme moyen entre la petite voie de $0^m,75$ et la voie large de $1^m,45$:

$$\frac{0^m,75 + 1.^m,45}{2} = 1^m,10.$$

Cet écartement de $1^m,10$, qui est exactement la moyenne entre la voie de $0^m,75$ et la voie de $1^m,45$, se trouve aussi être précisément l'équivalent de la voie étroite anglaise de $1^m,067$ si répandue dans les colonies. . . . .

Ces largeurs de $1^m,10$ et de $0^m,75$ semblent donc convenir tout particulièrement à l'Algérie.

Mais, qu'on ne s'y trompe pas : dans la discussion actuelle, nous ne voulons point nous attacher exclusivement à telle ou telle voie étroite. Il ne faut pas perdre de vue, en effet, que le débat, plus général et plus élevé, porte avant tout sur le **principe même de l'emploi de la voie étroite**. C'est donc **sur le principe** que nous voudrions voir les opinions se mettre **d'accord**.

Au cours de cette discussion de principe, chacun apportant, sans parti pris, des renseignements précis sur les avantages de telle ou telle largeur de voie étroite, dont il a plus particulièrement l'expérience, cette grande question se trouvera complètement élucidée.

C'est en nous plaçant à ce point de vue que nous avons rédigé le mémoire ci-après, qui nous a été demandé par l'autorité militaire.

Ce travail, ayant pour but spécial de répondre à une demande précise du Ministre de la Guerre, ne traite naturellement que du ***réseau stratégique***, le premier dont il convienne de s'occuper du reste.

Arzew (province d'Oran-Algérie), juillet 1882.

PREMIÈRE PARTIE

L'ALGÉRIE ET SON RÉSEAU ACTUEL, COMPARÉS AUX PAYS ÉTRANGERS

I. **L'Algérie, sa constitution et ses besoins.** — Aujourd'hui que notre grande Colonie africaine occupe dans l'opinion publique, comme dans les conseils du gouvernement de la métropole, la place qui lui revient de droit, par son importance et par l'influence qu'elle est appelée à exercer sur la puissance, la richesse et les destinées de la France, on se préoccupe grandement d'*assurer la complète sécurité de sa population* et de *développer le plus rapidement possible la colonisation.*

L'Algérie proprement dite (Tunisie en dehors) s'étend, de Nemours à La Calle, sur une longueur d'environ 1,000 kilomètres et, du littoral à Tougourt ou Moghar, sur une largeur de 500 kilomètres. Sa superficie de 50 millions d'hectares, est donc celle de la France entière.

Ce territoire comprend trois zones distinctes, qui s'étendent parallèlement à la mer, savoir :

1° *Le Tell,* compris entre le littoral et le Petit-Atlas ; c'est le versant méditerranéen, particulièrement propre à la colonisation ;

2° *Les Hauts-Plateaux,* compris entre le Petit-Atlas et la chaîne du Grand-Atlas ; c'est le bassin des Chotts, où il ne peut guère végéter que de l'alfa ;

3° *La région Saharienne,* qui s'étend au sud du Grand-Atlas, vers le centre de l'Afrique ; c'est la région des sables et des oasis.

Ces trois zones, d'un caractère si différent, se partagent à peu près *par tiers* les 50 millions d'hectares occupées par la France ; chacune a donc, en chiffres ronds, une superficie de 17 *millions d'hectares,* égale à celle de 30 *départements français.*

Le sol du Tell, très tourmenté, est assez généralement formé de montagnes de glaises coupées de vallées profondes ; et les cours d'eau, presque à sec pendant les huit mois d'été, deviennent des torrents très impétueux dans les orages violents de la saison des pluies.

Les Hauts-Plateaux ne présentent, au contraire, que très peu d'accidents. Ce qui caractérise cette région, où les vallées ne reçoivent que les pluies des orages, très violents d'ailleurs, c'est la rareté de l'eau : on n'y rencontre aucun ruisseau, et les puits, fort rares, ne fournissent qu'une eau, en général, aussi mauvaise que peu abondante.

La région saharienne, plus brûlée encore que les Hauts-Plateaux, est composée d'immenses solitudes souvent envahies par les sables mouvants ; mais à travers ce désert, on rencontre certaines vallées où l'eau coule l'année entière, et des sources abondantes qui ont donné naissance à des oasis souvent fort riches.

En chiffres ronds, la population européenne est inférieure à 400,000 habitants, et la population indigène soumise à l'autorité française ne s'élève pas à 3,000,000 d'âmes. Si l'on comprend tous les habitants, Européens et Indigènes, nous avons donc à peu près la population de huit départements, répartie sur la superficie de la France entière. Si l'on ne considère que l'élément européen répandu dans le Tell seulement, nous sommes en présence de la population d'un département, répartie sur une superficie de 30 départements.

Voilà le pays dont il faut assurer d'une manière absolue la sécurité, le pays que l'on veut et que l'on doit rapidement coloniser.

Sécurité. — Il s'agit de garantir la tranquillité d'un territoire de 50 millions d'hectares, sur lequel se trouve disséminée une population d'environ 3 millions d'âmes, dans la proportion de 1 Européen pour 8 Indigènes, et de protéger contre les incursions une ligne frontière passant par Nemours, Moghar, Tougourt[1] et La Calle, offrant sur le continent africain un développement de 2,000 kilomètres.

Or, sur cette immense superficie, il n'existe encore, à l'heure actuelle, que 1,500 kilomètres de voies ferrées, presque toutes établies, du reste, au bord de la mer et dans le Tell. Ajoutons que dans l'intérieur,

1. Sans même parler de Ouargla, située bien plus au sud et où nous devons maintenir notre influence pour assurer la sécurité du M'Zab, dont nous avons le protectorat.

les routes sont très rares et presque toutes impraticables pendant l'hiver, ce qui n'étonnera nullement, dans un pays où ces voies, souvent dans l'argile, sont fort coûteuses à établir et où la sécheresse extrême empêche tout entretien pendant huit mois de l'année.

Dans ces conditions, la troupe est généralement condamnée à marcher péniblement, pendant 25 à 30 jours, pour monter par étapes du littoral aux postes avancés du Sud.

On sait, d'ailleurs, par une expérience de cinquante années, que la population indigène, indépendante et guerrière, est sans cesse tenue en éveil par le fanatisme musulman, et que les peuplades du Sud, véritables pirates du désert, sont toujours en armes.

On doit comprendre qu'il faudrait une armée énorme, pour parer à toutes les éventualités, sur un territoire aussi étendu, aussi dépourvu de ressources et aussi privé de moyens de communication. Il serait aussi inhumain de condamner nos soldats à cette guerre perpétuelle, que puéril de demander à nos généraux, si habiles et si vigilants qu'ils puissent être, de ne jamais laisser surprendre aucun de nos postes avancés, fatalement faibles et forcément isolés.

Colonisation. — Dans l'intérieur du Tell même, les transports par charrettes, lents et pénibles sur des chemins qui n'existent souvent que de nom, coûtent sur un grand nombre de points de 1 franc à 1 fr. 50 par tonne de 1,000 kilogr. et par kilomètre, soit de 100 à 150 francs par 1,000 kilogr. pour descendre du Haut-Tell à la gare la plus voisine ou au port du littoral !

Demander, après cela, que des colons viennent en grand nombre s'installer dans l'intérieur du Tell n'est-ce pas demander l'impossible ?

Ces simples observations ne montrent-elles pas jusqu'à l'évidence que, aussi bien pour garantir la sécurité du pays et de nos frontières, que pour assurer le développement de la colonisation, il n'y a qu'une solution : *supprimer les distances par l'établissement de voies de communication économiques et rapides.* C'est le premier problème à résoudre, c'est même le seul; car ce point essentiel acquis, le reste viendra de lui-même : l'initiative individuelle s'en chargerait seule.

Mais, pour atteindre ce résultat, il faudrait établir en toute hâte un premier réseau qui ne saurait comprendre moins de 2,000 kilomètres par province, soit 6,000 kilomètres pour l'Algérie entière (non compris

la Tunisie) ; c'est, d'ailleurs, tout à fait un *minimum* pour une superficie grande comme la France. (Le réseau classé en France, dépasse 44,000 kilomètres.)

Dans la province d'Oran, par exemple, sauf modifications ou variantes, ce réseau pourrait se distribuer à peu près comme suit :

1° *Lignes en exploitation.*

D'Oran au Merdja (ligne d'Oran à Alger) . . .	178	582 kilom.
Le Tlélat à Bel-Abbès	52	
D'Arzew à Saïda et Mecheria	352	

2° *Lignes en construction.*

De Bel-Abbès à Ras-el-Mà		100 —

3° *Lignes en projet*[1].

D'Oran à Temouchent et Tlemcen	135	1,390 —
De Tlemcen à Maghrnia et Oudjda (Maroc). .	75	
De Mostaganem à Tiaret	175	
D'Oran à Arzew et Mostaganem	70	
De Bel-Abbès à Mascara et Fortassa	150	
De Bel-Abbès à Tlemcen	85	
De Mecheria à Ain-Sefra	100	
Du Kreider à Géryville	100	
De Rachegoun et Beni-Saf à Tlemcen et à Sebdou	105	
De Sebdou à El-Aricha	45	
De Tiaret à Frendah et à Saïda	175	
De Saïda à Daya et Sebdou	175	
Longueur ensemble		2,072 kilom.

Dans la province d'Oran, prise pour exemple, les lignes que nous venons d'énumérer sont toutes classées, en projet ou demandées, soit par l'autorité militaire, soit par le Conseil général ; toutes sont de pre-

1. Ces lignes ne sont indiquées que d'une manière générale, pour bien fixer les idées ; et les longueurs portées ne sont qu'approximatives.

mière nécessité ; et l'on voit que leur ensemble dépasse déjà les 2,000 kilomètres que nous indiquions par province.

II. **Les transports tels qu'ils sont nécessaires à l'Algérie.** — N'oublions pas que l'Algérie est une colonie, un pays neuf où tout est à créer. *Si l'on veut* réellement tirer parti de cette grande et riche colonie, il faut nécessairement procéder comme en Amérique, faire ce que les Anglais font partout, aux Indes, en Australie, dans la Nouvelle-Zélande, etc..... *Commencer par sillonner le pays, en toute hâte, de voies ferrées distribuant la vie et assurant la sécurité;* nous le répétons, le reste vient tout naturellement ensuite, la colonisation et la richesse suivent de près : l'initiative individuelle s'en charge.

Il faut procéder rondement et sans hésitation. Dans un pays neuf, dont l'occupation coûte cher, la première nécessité qui s'impose est de *faire vite;* car chaque année de retard impose, en sacrifices stériles et en richesses perdues, des pertes énormes, sans compter qu'une action vigoureuse peut, seule, donner aux colons, industriels et capitalistes, la confiance et l'entrain nécessaires.

En Algérie, le problème des voies ferrées ne se pose point, du reste, comme en France et en Europe, les exigences des transports dans les deux pays n'ayant absolument rien de commun.

Le réseau français, en effet, doit répondre à des exigences de tout premier ordre :

1° Transit international, concurrencé par les pays limitrophes (les lignes du Havre-Paris-Marseille ont un trafic annuel de 130,000 francs et de 180,000 francs par kilomètre) ;

2° Grands courants de trafic, qui accumulent sur certaines voies des mouvements énormes. (La ligne de Paris à Lille fait un trafic annuel de 130,000 francs par kilomètre, la ligne de Paris à Bordeaux, de 110,000 francs.)

3° Trains rapides qui réunissent les grands centres comme Paris et Lyon, — Paris et Bordeaux ;

4° Mobilisation générale de toutes les forces de la France et concentration rapide de centaines de mille hommes sur une même frontière.

L'Algérie, au contraire, est une colonie entourée de régions barba-

resques et dont les trois provinces ont les mêmes produits à exporter. Donc ici, point de transit international, presque pas de trafic de province à province, et encore moins de mobilisation générale d'un million d'hommes. Le réseau algérien n'a que deux obligations :

1° *Au point de vue de la colonisation*, permettre à chaque centre agricole ou industriel d'écouler directement ses produits vers le port le plus rapproché, — et remarquons que chaque voie ferrée n'aura ainsi à desservir que le trafic relativement faible de sa région agricole ;

2° *Au point de vue militaire*, mettre les différents postes du Sud en communication avec les places du Tell, de manière à pouvoir les ravitailler et porter, dans les vingt-quatre heures, quelques milliers d'hommes sur tel ou tel point, où le télégraphe signalerait l'opportunité d'un renfort, en un mot assurer aux troupes *le ravitaillement et la mobilité.*

On voit qu'en France, le réseau des chemins de fer doit rendre des services de tout premier ordre. On ne devait donc, pour quelques artères principales surtout, ménager aucun sacrifice ; et on le pouvait d'ailleurs, d'autant mieux, que le trafic desservi est souvent très rémunérateur sur ces grandes artères[1].

En Algérie, au contraire, les voies ferrées n'ont à rendre que des services d'un ordre beaucoup plus modeste, et leur trafic serait infiniment moins important. Le réseau algérien doit donc être établi avec la plus stricte économie, d'autant plus qu'ici, les chemins de fer devant précéder la colonisation, il faut faire l'avance de toute la dépense sans rémunération immédiate.

A deux problèmes qui se posent dans des termes si essentiellement différents, à tous les points de vue, serait-il logique de donner la même solution ?

III. **Les premières voies ferrées de l'Algérie.** — Le commencement du réseau algérien date déjà de quinze ans. — Tout porte à croire qu'à l'époque où l'on décida la construction de la ligne d'Alger à Blidah, on ne se demanda guère d'après quels principes généraux devait être établi le réseau d'ensemble de la colonie, ni même si l'Algérie devrait jamais être dotée d'un réseau complet.

1. Nous ne parlons pas ici, bien entendu, des lignes *très secondaires*, pour lesquelles il semble qu'on ait souvent dépassé le but, même pour la France.

Il était de règle pour le gouvernement d'alors de n'établir qu'un seul type de chemin de fer, comme de n'employer, pour son établissement, que les six grandes Compagnies françaises. Le principe de construire un tronçon d'Alger à Blidah admis, la solution ne pouvait pas même faire question : on chargea de ce travail celle des grandes Compagnies françaises qui était la plus voisine d'Alger, et le P.-L.-M. apporta, entre Alger et Blidah, le type de voie ferrée qu'il avait établi entre Paris et Marseille[1]. Puis on prolongea la ligne de Blidah, de proche en proche, jusqu'à Oran ; on établit, toujours le même type, de Philippeville à Constantine ; et voilà comment la voie large se trouva installée en Algérie et fut tout simplement copiée par les départements, pour les chemins de fer d'intérêt local du Tlélat à Bel-Abbès, de Maison-Carrée à l'Alma et de Bone à Guelma.

Voyons les résultats fournis par ces lignes à grande voie.

Les documents officiels nous donnent les renseignements suivants pour l'année 1880 :

Réseau algérien en 1880.

DÉSIGNATION DES LIGNES	LONGUEUR kilométrique	Recette brute par kilomètre	VITESSE des trains arrêts compris.	OBSERVATIONS
	kilomètres.	francs.	kilomètres.	
Compagnie P.-L.-M.				
Oran à Alger..........	426	12.830	30.	
Philippeville à Constantine.	87	21.605	20.4	
Totaux et moyennes..	513	14.318		
Est-Algérien.				
Constantine à Sétif......	155	4.850	22.4	
Maison-Carrée à l'Alma..	28	1.552	23.2	
Bone-Guelma				
Bone à Guelma.........	88	9.194	23.	
Guelma au Kroubs.......	115	3.437	23.	
Tunis à Ghardimaou.....	89	2.009	25.6	Ligne Tunisienne..
Ouest-Algérien.				La ligne à voie étroite de 1m,10 d'Arzew à Saïda ne figure pas dans le tableau officiel de 1880. Elle n'était du reste ouverte que depuis fort peu de temps.
Le Tlélat à Bel-Abbès....	52	17.962	23.1	
Totaux et moyennes..	1140	9.401	23.8	

1. On construisit les stations sur le type adopté pour la Bourgogne.

Ainsi, sur ce réseau d'origine, qui comprend vraisemblablement les meilleures lignes, la recette brute varie de 1,552 francs à 21,605 francs pour former une moyenne de 9,401 francs par kilomètre. Quant à la vitesse des trains, sur ces lignes à grande voie, elle varie de 22 à 30 kilomètres pour former une moyenne de 23^{k},8 à l'heure; et, en effet, le besoin de vitesse n'existe pas, les relations commerciales de province à province, même entre Oran et Alger, étant presque nulles.

Ces résultats n'ont assurément rien qui puisse surprendre; ils sont parfaitement dans la logique des faits et de tous points conformes avec ce qui se passe, même en France, sur les lignes de même importance. Prenons, en effet, comme terme de comparaison, le réseau métropolitain des lignes d'intérêt général exploitées par l'État, réseau qui comprend 2,230 kilomètres (en 1880). La statistique officielle nous fournit les résultats suivants :

Résultats fournis par le réseau de l'État (en France) *en* 1880.

Nombre de kilomètres.	Recette brute kilométrique.	Frais d'exploitation par kil.
2,230 kil.	9,499 fr.	7, 498 fr.

C'est la même recette que sur le réseau algérien.

Nous venons de voir la nature des services rendus par les chemins de fer en Algérie, l'importance du trafic et la vitesse des trains. Voyons maintenant quels sacrifices imposent au Trésor les lignes qui rendent ces services, telles qu'on les établit à l'heure actuelle. Nous choisirons nos exemples parmi les concessions récentes et aux deux extrémités de l'Algérie.

La loi du 26 mars 1877 déclare d'utilité publique et fixe les conditions de construction et d'exploitation de diverses lignes de la province de Constantine. Ces lignes sont à voie de 1^{m},45; le minimum des courbes à employer est abaissé à 250 mètres (extrême limite pour la voie de 1^{m},45), et le maximum des rampes porté à 25^{mm} par mètre.

Toutes les dépenses de construction et de matériel sont fixées, et l'intérêt de ces dépenses est garanti par l'État à 6 pour 100. En outre, les frais d'exploitation sont fixés à forfait, et ces dépenses kilométriques sont garanties par l'État.

Pour les *dépenses de premier établissement*, la loi du 26 mars 1877 nous fournit les renseignements suivants :

DÉSIGNATION des LIGNES	NOMBRE de KILOMÈTRES	DÉPENSES par LIGNE	DÉPENSES par KILOMÈTRE	MONTANT des INTÉRÊTS par an et par kilomètre garantis par l'État. — 6 P. °/° DU CAPITAL
Duvivier à Souk-Ahras..	52	21,155,544f	406,837f	24,410 fr. 22
Guelma à Hammam-Meskoutine..........	19	4,172,570	219,661	13,179 » 66
Hammam - Meskoutine au Kroubs.........	95	18,968,000	199,663	11,979 » 78
Totaux et moyennes.	166	44,296,114f	266,844f	16.010 fr. 64

Ainsi donc, ces 166 kilomètres de voie ferrée ont coûté de 200,000 à 400,000 francs par kilomètre, soit en moyenne 267,000 francs qui, garantis à 6 pour 100 portent à 16,000 francs l'annuité kilométrique, relative aux frais de construction, annuité garantie par l'État.

En ce qui concerne les *dépenses de l'exploitation*, pour les mêmes lignes, nous lisons dans le document officiel ce qui suit :

Pour l'évaluation du minimum de revenu net annuel de six pour cent (6 pour 100) garanti au capital de premier établissement, comme il est dit plus haut, les frais d'exploitation seront établis à forfait, ainsi qu'il suit, par rapport aux recettes brutes moyennes kilométriques, savoir :

Au-dessous de 11,000 fr.	de recette brute.	7,700 fr.
de 11,000 à 12,000 fr.	70 pour 100 sans excéder.	8,040 fr.
de 12,000 à 13,000 fr.	67.	8,320 fr.
de 13,000 à 14,000 fr.	64.	8,540 fr.
de 14,000 à 15,000 fr.	61.	8,700 fr.
de 15,000 à 16,000 fr.	58.	8,800 fr.
de 16,000 à 20,000 fr.	55.	10,400 fr.

Au delà de 20,000 de recette brute 52 pour 100.

Les chiffres ci-dessus ne comprennent pas l'amortissement des emprunts contractés dans les limites du capital garanti par l'État. Cet amortissement sera ajouté aux frais d'exploitation fixés à forfait.

Rien de plus simple, désormais, que de tirer les conséquences financières de cette entreprise, pour un chiffre quelconque de la recette brute kilométrique. C'est ce que fournit le tableau suivant :

Intérêts du capital de construction. — 266.844 fr. à 6 %.	Recette brute kilométrique annuelle.	Frais d'exploitation garantis par kilomètre.	Charges totales par an et par kilomètre garanties par l'État.	Perte annuelle par kilomètre.	Bénéfice annuel par kilomètre.
fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
16.000	4.000	7.700	23.700	19.700	»
16.000	5.000	7.700	23.700	18.700	»
16.000	6.000	7.700	23.700	17.700	»
16.000	7.000	7.700	23.700	16.700	»
16.000	8.000	7.700	23.700	15.700	»
16.000	9.000	7.700	23.700	14.700	»
16.000	10.000	7.700	23.700	13.700	»
16.000	11.000	7.700	23.700	12.700	»
16.000	12.000	8.040	24.040	12.040	»
16.000	13.000	8.320	24.320	11.320	»
16.000	14.000	8.540	24.540	10.540	»
16.000	15.000	8.700	24.700	9.700	»
16.000	16.000	8.800	24.800	8.800	»
16.000	17.000	9.350	25.350	8.350	»
16.000	18.000	9.900	25.900	7.900	»
16.000	19.000	10.400	26.400	7.400	»
16.000	20.000	10.400	26.400	6.400	»
16.000	21.000	10.920	26.920	5.920	»
16.000	22.000	11.440	27.440	5.440	»
16.000	23.000	11.960	27.960	4.960	»
16.000	24.000	12.480	28.480	4.480	»
16.000	25.000	13.000	29.000	4.000	»
16.000	26.000	13.520	29.520	3.520	»
16.000	27.000	14.040	30.040	3.040	»
16.000	28.000	14.560	30.560	2.560	»
16.000	29.000	15.080	31.080	2.080	»
16.000	30.000	15.600	31.600	1.600	»
16.000	31.000	16.120	32.120	1.120	»
16.000	32.000	16.640	32.640	640	»
16.000	33.000	17.160	33.160	160	»
16.000	34.000	17.680	33.680	»	320
16.000	35.000	18.200	34.200	»	800
16.000	36.000	18.720	34.720	»	1.280
16.000	37.000	19.240	35.240	»	1.760
16.000	38.000	19.760	35.760	»	2.240
16.000	39.000	20.280	36.280	»	2.720
16.000	40.000	20.800	36.800	»	3.200

Nous avons vu dans le tableau du réseau algérien, de la page 304, qu'en 1880, la recette brute de la ligne de Guelma au Kroubs n'atteignait pas 3,500 francs par kilomètre. Or, le tableau précédent montre que, pour une recette de 4,000 francs, l'État doit verser par an et par kilomètre, comme conséquences des garanties données, 19,700 francs ; pour une recette de 3,500 francs, l'État aurait à verser 20,200 par an et par kilomètre, soit pour les 166 *kilomètres seulement,* de Duvivier à Souk-Ahras et de Guelma au Kroubs, indiqués au tableau de la page 306, et pour

cette seule année, une somme de trois millions et demi, comme conséquence de la garantie.

Lorsque ces 166 kilomètres fourniront une recette brute égale à la moyenne du réseau algérien en 1880, donnée par le tableau de la page 304, soit environ 9,000 francs, l'État aura encore à verser, par an et par kilomètre 14,700 francs, soit pour l'année et pour ces 166 kilomètres seulement, 2,440,200 francs, deux millions et demi environ.

Lorsque la recette kilométrique atteindra 15,000 francs, la somme versée par le Trésor sera encore (par kilomètre) de. . . 9,700 fr.
soit, pour l'année et pour ces 166 kilomètres seulement. 1,612,200 fr.
plus d'un million et demi.

Lorsque la recette kilométrique atteindra. . . . . . 20,000 fr.
la somme versée par l'État comme garantie sera de.. . 6,400 fr.
soit pour l'année et pour ces 166 kilomètres.. . . . . 1,062,400 fr.
encore plus d'un million.

Le tableau précédent montre, enfin, que ces charges énormes pour le Trésor s'éteindraient ou, plus exactement, que l'État cesserait de verser ainsi chaque année, seulement *lorsque la recette dépasserait trente-quatre mille francs* (34,000 fr.) *par kilomètre.*

Quand on voit la ligne d'Alger à Oran produire 12,830 francs par kilomètre (voir le tableau de la page 304), on peut se demander quand (?) les lignes dont nous parlons, produiront 34,000 francs, c'est-à-dire trois fois plus que la ligne d'Alger à Oran ; et, comme conséquence, on doit se demander aussi dans combien d'années et après avoir versé quelle quantité de millions, les sacrifices du Trésor pourraient bien s'arrêter avec ce programme?

Voici un exemple récent (concession de 1877) pris dans l'extrême Est de l'Algérie. — Nous en prendrons un autre, maintenant, dans l'Ouest. — Nous choisirons de préférence la ligne d'établissement très facile, qui doit remonter la vallée de la Mekerra, de Bel-Abbès à Ras-el-Mâ.

La ligne de Bel-Abbès à Ras-el-Mâ, concédée en 1881, a été estimée dix-sept millions ; sa longueur devant être d'environ 100 kilomètres, c'est une dépense de premier établissement de 170,000 francs par kilomètre. Ce capital de construction est garanti par l'État à 4 fr. 85 pour 100.

Quant aux frais d'exploitation, ils sont également garantis par l'État, comme nous l'avons vu dans l'exemple précédent. — Ces garanties seront calculées suivant le barème ci-après :

Au-dessous de 11,000 fr. de recette brute. . . . . 7.460 fr.
de 11,000 à 12,000 fr. 68 pour 100 sans excéder. 7,920 fr.
de 12,000 à 13,000 fr. 66. . . . . id. . . . . . 8,190 fr.
de 13,000 à 14,000 fr. 63. . . . . id. . . . . . 8,400 fr.
de 14,000 à 16,000 fr. 57. . . . . id. . . . . . 8,640 fr.
de 16,000 à 20,000 fr. 54. . . . . id. . . . . . 10,400 fr.
Au-dessus de 20,000 fr. de recette brute, 52 pour 100.

Rien de plus simple, avec ces données officielles, que de dégager, au point de vue des intérêts du Trésor public, les conséquences financières de cette entreprise.

Pour que ces résultats apparaissent aussi clairement que possible, comme pour l'exemple précédent, nous grouperons dans le tableau ci-après, les intérêts garantis du capital de construction, le montant des frais d'exploitation garantis et nous en déduirons naturellement, pour une recette variant, par exemple de 4,000 à 25,000 francs le montant des charges et, par suite, la perte ou le bénéfice :

Intérêts du capital de construction garantis par l'État. — 170,000 fr. à 4,85 °/₀.	Recette brute kilométrique annuelle.	Frais d'exploitation garantis par kilomètre.	Charges totales par an et par kilomètre garanties par l'État.	Perte annuelle par kilomètre.	Bénéfice annuel par kilomètre.
fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
8.245	4.000	7.460	15.705	11.705	»
8.245	5.000	7.460	15.705	10.705	»
8.245	6.000	7.470	15.705	9.705	»
8.245	7.000	7.460	15.705	8.705	»
8.245	8.000	7.460	15.705	7.705	»
8.245	9.000	7.460	15.705	6.705	»
8.245	10.000	7.460	15.705	5.705	»
8.245	11.000	7.460	15.705	4.705	»
8.245	12.000	7.920	16.165	4.165	»
8.245	13.000	8.190	16.435	3.435	»
8.245	14.000	8.400	16.645	2.645	»
8.245	15.000	8.550	16.795	1.795	»
8.245	16.000	8.640	16.885	885	»
8.245	17.000	9.180	17.425	425	»
8.245	18.000	9.720	17.965	»	35
8.245	19.000	10.260	18.505	»	495
8.245	20.000	10.400	18.645	»	1.355
8.245	21.000	10.920	19.165	»	1.835
8.245	22.000	11.440	19.685	»	2.315
8.245	23.000	11.960	20.205	»	2.795
8.245	24.000	12.480	20.725	»	3.275
8.245	25.000	13.000	21.245	»	3.755

Ce tableau nous montre que, pendant que la recette de la section de Bel-Abbès à Ras-el-Mâ ne dépassera pas 6,000 francs par kilomètre, l'État, pour compléter les intérêts et frais garantis, aura à verser une somme supérieure ou égale à dix mille francs (10,000 fr.) par an et par kilomètre, soit pour cette section de 100 kilomètres une *somme annuelle* supérieure ou égale à *un million* de francs.

Ce tableau montre, en même temps, que le Trésor aura ainsi à verser chaque année des sommes plus ou moins considérables, *jusqu'à ce que la recette de la ligne de Ras-el-Mâ, dépasse* 18,000 *francs par kilomètre.*

Or, si l'on comprend que la recette de la section de 52 kilomètres du Tléla à Bel-Abbès puisse être importante, relativement du moins, puisque *tout le trafic de Bel-Abbès, se dirigeant sur Oran, parcourt cette section dans toute sa longueur*, on ne voit pas comment et quand la section de 100 kilomètres de Ras-el-Mâ (?) à Bel-Abbès, celle dont nous nous occupons, pourra produire 18,000 francs par kilomètre, alors que la ligne d'Alger à Oran ne fait que 12,830 francs par kilomètre (voir le tableau de la page 304 pour l'exercice 1880) et que le réseau des chemins de fer de l'État en France (voir page 305) ne donne que 9,499 francs.

Il est donc certain que l'État payera une lourde annuité bien longtemps..... Et quand sera-t-il couvert de tous ces déboursés, dans cette combinaison qui ne peut laisser d'excédents un peu appréciables, que lorsque la recette dépassera 25,000 francs par kilomètre?....

Si nous prenons la moyenne des résultats fournis par les deux exemples précédents, nous voyons que pour une recette de :

5,000f l'État aura à payer comme complément de garantie.		14,702f.50
10,000f	—	9,702f.50
15,000f	—	5,747f.50

Et, remarquons-le bien, les charges ressortant de ces moyennes sont de beaucoup inférieures à celles qui pèsent aujourd'hui sur le Trésor pour le réseau actuel, car nous avons choisi pour exemples des conventions récentes et plus avantageuses que plusieurs autres qui ont précédés [1].

1. On sait que la ligne de Philippeville à Constantine coûte aujourd'hui près de huit cent mille francs ! par kilomètre, et plusieurs parties de celle d'Alger à Oran, plus de quatre cent mille francs !

Or nous avons vu (page 301) que le *minimum* de l'étendue du réseau indispensable à l'Algérie, qui a la superficie de la France entière, pour y assurer la sécurité et y développer la colonisation, est de 2,000 kilomètres par province, soit 6,000 kilomètres (sans compter la Tunisie).

Ce *réseau minimum de* 6,000 *kilomètres est absolument indispensable et son établissement très urgent*, tout le monde est d'accord sur ce point. Mais ce réseau, dont le tiers reliera, sur les Hauts-Plateaux, les postes militaires, dont un second tiers traversera des territoires à coloniser et encore dépourvus de tout centre important, de toute industrie, croit-on qu'il puisse, *dans son ensemble*, produire des recettes importantes?

Croit-on que ce réseau, appelé à comprendre des lignes de moins en moins productives, parcourant même le désert *par nécessité militaire*, doive avoir une recette moyenne pour l'ensemble, supérieure à la moyenne de celle des chemins de fer de l'État en France, soit 9,499 fr. (voir page 305); — ou supérieure à celle de la grande ligne actuelle d'Alger à Oran, soit 12,830 francs par kilomètre (voir page 304)?

Quoi qu'il en soit, si le programme actuel, dont nous venons d'analyser les conséquences financières, devait être généralisé en Algérie, et s'il était appliqué à ce réseau de 6,000 kilomètres, il imposerait au Trésor les charges annuelles suivantes :

Recette brute kilométrique moyenne pour tout l'ensemble du réseau.	Insuffisances kilométr. ou sommes à payer par l'État par an et par kilomètre pour compléter les sommes garanties.	Étendue totale du réseau ou nombre de kilomètres.	Insuffisances annuelles ou sommes à payer par l'État chaque année pour compléter les sommes garanties.
francs.	francs.	kilomètres.	francs.
5.000	14.702.50	6000	88.215.000
10.000	9.702 50	6000	58.215.000
15.000	5.747 50	6000	34.485.000

Ainsi, en généralisant le programme appliqué actuellement en Algérie, à l'établissement d'un réseau de 6,000 kilomètres, *ce réseau coûterait encore* **Plus de trente-quatre millions par an à l'État,** *lorsque la recette moyenne de ce réseau atteindrait, pour tout l'ensemble,* **quinze mille francs par kilomètre,** *en admettant que cette moyenne de* 15,000 *francs soit jamais atteinte.*

Lorsque le réseau fournirait, pour tout l'ensemble, une recette moyenne de 12,000 francs par kilomètre, l'État devrait inscrire annuellement au budget de l'Algérie une *annuité de 50 millions*, comme conséquence de la garantie (on a vu qu'en 1880 la recette moyenne était de 9,401 francs par kilomètre seulement)!

Ferait-on vraiment de pareils sacrifices? — Je ne dis pas que l'Algérie n'en soit pas digne; mais ces sacrifices énormes sont-ils réellement nécessaires pour assurer *sécurité* et *richesse* à notre grande colonie?

IV. — **Ce qui se fait à l'étranger.** — Nous venons d'examiner les besoins modestes de transports rapides en Algérie, le programme grandiose suivi jusqu'à ce jour pour l'établissement des voies ferrées et l'impasse financière, où la généralisation d'un programme hors de toutes proportions avec les besoins, conduirait infailliblement. Jetons maintenant un coup d'œil sur ce qui se passe ailleurs que chez nous; et voyons comment, dans les grandes colonies notamment, le chemin de fer, qui doit précéder le colon, pour assurer la sécurité et distribuer la vie, mais qui n'est appelé à rendre que des services modestes, a été compris et exécuté.

Nous pourrions noter tout d'abord que, même en Europe, la Suède et la Norwège avaient en exploitation, en 1880, 1,656 kilomètres de chemins de fer à voie étroite de $1^{m},067$ d'écartement.

On sait, d'autre part, que, dans toutes leurs colonies, les Anglais ont poussé avec la plus grande activité l'établissement des voies ferrées, en appliquant de préférence la voie étroite. Actuellement ils n'hésitent pas à construire 647 *kilomètres* dans la *Nouvelle-Zélande*, toujours avec la ligne étroite de $1^{m},067$ d'écartement.

La France entre, du reste, aujourd'hui dans la même voie : elle vient d'établir 132 kilomètres de ligne étroite dans l'île de la Réunion; elle établit dans les mêmes conditions le réséau de la Corse; elle a fait aussi étudier, au Sénégal, un réseau de 500 kilomètres de lignes étroites, dont elle poursuit dès maintenant l'exécution.

Mais jetons aussi un coup d'œil sur l'Amérique, ce grand pays neuf, qui marche à pas de géants et donne, chaque jour, de nouvelles leçons à l'industrie de la vieille Europe.

Au 1[er] janvier 1881, le réseau brésilien comprenait 6,805 kilomètres

de voies ferrées en exploitation ou en construction. La largeur de la voie des chemins de fer brésiliens varie de 1^m,68 à 0^m,76, savoir :

1°	Voie de	0^m,76	de largeur sur une longueur de	. . .	100 kilom.
2°	—	0^m,95	—	— . . .	159
3°	—	1^m,00	—	— . . .	4,748
4°	—	1^m,07	—	— . . .	63
5°	—	1^m,10	—	— . . .	273,5
6°	—	1^m,20	—	— . . .	18,5
7°	—	1^m,38	—	— . . .	12,5
8°	—	1^m,45	—	— . . .	10
9°	—	1^m,60	—	— . . .	1,395
10°	—	1^m,68	—	— . . .	26
	Longueur totale du réseau (1er janvier 1881)			. . .	6,805^k,5

On voit que dans ce vaste pays, en possession déjà d'un réseau de près de 7,000 kilomètres, et où toutes les largeurs de voie ont été expérimentées sans idée préconçue, la *voie étroite* entre pour les *trois quarts*. Le compte rendu ajoute : « Aujourd'hui, presque toutes les lignes « en construction ont 1 mètre de largeur de voie; seul le grand réseau « Don Pedro II, appartenant à l'État, va être prolongé avec sa largeur « primitive de 1^m,60. »

Ces chemins de fer sont établis, pour la majeure partie, par des Compagnies anglaises, françaises et brésiliennes, avec la garantie de l'État et des provinces.

Et qu'on ne croie pas que ce soit le manque de trafic qui fasse généraliser la voie étroite. Ce réseau de création récente laisse, au contraire, bien loin derrière lui notre réseau algérien, ainsi que le montre le tableau suivant, qui donne, par ligne, la date d'ouverture à l'exploitation et la recette brute kilométrique, soit en 1878, soit en 1879, suivant les renseignements fournis par les statistiques officielles :

DÉSIGNATION DES LIGNES.	ANNÉE DE LA MISE en EXPLOITATION	RECETTE BRUTE KILOMÉTRIQUE	
		ANNÉES	RECETTE BRUTE kilométrique annuelle
1° Voies larges de 1m,60.			
Santos à Jundahy	1867	1879	80,480 fr.
Don Pedro II	1858	1879	50,900 »
2° Voies étroites de 1m à 1m,10.			
Cantagallo et embranchement de Rio-Bonito	1860	1879	22,100 »
Léopoldina	1874	1879	22,015 »
União Venlenciana	1871	1879	19,385 »
Baturito	1879	1879	13,209 »
Central (Bahia)	1875	1879	10,311 »
San Paulo e Rio de Janeiro	1877	1878	12,484 »
Mogyana	1875	1878	11,766 »
Ituana	1873	1878	7,270 »
Sorocabana	1875	1878	7,103 »

On voit que les lignes du réseau brésilien donnent jusqu'à 80,000 francs de recette brute par kilomètre, et que plusieurs lignes à voie étroite fournissaient, en 1879, de 19,000 à 22,000 francs par kilomètre.

De cet ensemble de données officielles se dégagent les enseignements suivants :

1° Toutes les largeurs de voie, variant de 0m,76 à 1m,68 (10 largeurs différentes), ont été acceptées et construites à l'origine, sans aucun parti pris, comme il convenait pour un réseau nouveau, qui n'était, d'ailleurs, relié avec aucun autre ;

2° Ces dix largeurs différentes de voie ont imposé de très nombreux transbordements, dont on a fait ainsi l'expérience la plus complète et la plus concluante ;

3° Aujourd'hui, après ces expériences faites sur un ensemble de lignes d'ailleurs très productives, on a définitivement adopté deux largeurs de voie :

a) A titre d'exception, la voie large de 1m,60, pour le seul prolongement du grand collecteur qui reçoit le trafic des artères secondaires.

b) A titre général, la voie étroite de 1 mètre, pour tout le reste du réseau et l'ensemble de ses ramifications ;

4° Ce programme définitif, dicté par l'expérience même des différentes largeurs de voie et des transbordements passés à l'état de règle, est tout en faveur de la voie étroite, même pour des lignes de *fort rendement*[1], et organise franchement le transbordement.

Nous verrons, en effet, que pour la généralité des transports, le transbordement a lieu quatre fois sur cinq, à tous les embranchements et entre les voies de même largeur, en France, comme ailleurs, malgré les sacrifices énormes qui ont été faits, — en pure perte, du reste, sur bien des lignes secondaires, — pour éviter l'objection banale du transbordement. Mais nous y reviendrons plus loin (page 367) avec quelques détails.

1. On sait, du reste, qu'en Angleterre le petit chemin de fer du Festiniog, créé en 1832, avec une *largeur de voie* de *soixante centimètres* seulement ($0^m,60$), assure le service public, voyageurs et marchandises, à traction de locomotive ; et fait face à un trafic supérieur à *trente mille francs* (30,000 fr.) *par kilomètre.*

DEUXIÈME PARTIE

AVANTAGES DE LA VOIE ÉTROITE EN ALGÉRIE

CHAPITRE PREMIER

CONSTRUCTION

I. **Tracé et profil.** — Tout le *Tell*, c'est-à-dire la partie de l'Algérie vouée tout spécialement à la colonisation, et qui s'étend de la Méditerranée au sommet de la chaîne du Petit-Atlas, est un pays fort tourmenté, formé de montagnes très souvent glaiseuses, qui courent parallèlement à la mer et s'élèvent par échelons successifs, de 300 à 400 mètres chacun, et généralement très brusques.

Or, ce qu'il faut à l'Algérie, pays d'exportation, ce sont des voies ferrées qui sillonnent son territoire perpendiculairement au littoral, *reliant chaque centre de production au port le plus voisin et par le plus court chemin*, voies sur lesquelles le trafic agricole, assez restreint, s'effectuera, d'ailleurs, pour la majeure partie, en descente du Haut-Tell vers le port d'embarquement.

Les voies ferrées qui rencontreront ces échelons accidentés et glaiseux auront donc, en général, de grandes difficultés pour les surmonter, et devront, pour y arriver, avoir recours à l'emploi des fortes rampes et des courbes de faible rayon.

Mais il convient de bien observer que, si l'influence des déclivités sur la capacité de traction d'une voie ferrée, est la même quelle que soit la

largeur de la voie, il en est tout autrement du rayon des courbes. On sait, en effet, que l'influence exercée par une courbe de rayon déterminé, sur la capacité de traction d'une voie ferrée, est fonction : 1° de l'écartement des roues extrêmes du véhicule, roues qui doivent s'inscrire entre les deux files de rails en courbe, 2° et de la différence de longueur de ces deux files de rails, composant le rayon intérieur et le rayon extérieur de la courbe. Comme la différence de longueur des deux files de rails augmente avec la largeur de la voie, on comprend que, pour un véhicule ayant une distance déterminée entre les essieux parallèles extrêmes, la courbe opposera d'autant plus de résistance à son passage que la voie sera plus large, et d'autant moins qu'elle sera plus étroite.— Ainsi, d'une part, les deux files de rails qui composent une courbe de 300 mètres de rayon sur une voie de $1^m,50$ de largeur, ou une courbe de 200 mètres de rayon sur une voie de 1 mètre de largeur, offrant la même différence de longueur (soit $0^m,50$ par 100 mètres de développement), ces deux courbes opposeront la même résistance au passage d'un véhicule *ayant même écartement d'essieux.*

Mais on sait que, d'autre part, tout étant proportionné dans le matériel des chemins de fer, l'écartement des essieux extrêmes des véhicules plus petits de la voie étroite, est toujours beaucoup moindre que celui des véhicules plus grands et plus lourds de la voie large. Aussi, une courbe de 150 à 200 mètres, sur la voie étroite de 1 mètre à $1^m,10$, est-elle *toujours plus avantageuse pour la traction* qu'une courbe de 250 à 300 mètres sur la voie large.

Ceci posé, mettons ces deux voies, chacune avec les ressources qui lui sont propres, en face du problème à résoudre. Trois cas se présenteront fréquemment sur les lignes remontant les échelons du Tell.

1er Cas. — *La région est relativement facile et peut être desservie par la voie large en rampe de* $0^m,015$ *à* $0^m,018$ *et en courbe de* 300 *mètres.* — Ce problème pourra être résolu plus avantageusement par la voie étroite[1], de deux façons :

a) Le tracé de la voie étroite suivra exactement le même tracé, en plan et en profil, que la voie large; alors les courbes de 300 mètres, qui opposent une forte résistance à la traction sur la voie large, offrent, au

1. Tout ceci s'applique à la voie étroite de $1^m,00$ à $1^m,10$. Les différences seraient d'ailleurs d'autant plus accentuées, que l'écartement serait plus réduit.

contraire, toutes facilités sur la voie étroite : un même effort de traction permettra plus de vitesse ou plus de charge sur la voie étroite que sur la voie large, — ou si l'on se contente du même tonnage et de la même vitesse, la traction en sera plus économique sur la voie étroite.

b) Ou bien les deux tracés seront étudiés dans les mêmes conditions de traction, et, alors, tout en conservant les mêmes déclivités, les courbes de 300 mètres de la voie large seront remplacées par des courbes de 170 à 200 mètres. La voie étroite évitera ainsi tous les travaux de quelque importance et pourra mieux s'approcher des localités à desservir.

2° Cas. — *L'échelon montagneux peut être gravi par la voie large, mais seulement par l'emploi des rampes de* 25 *à* 30 *millimètres et des courbes de* 250 *mètres de rayon.* — Dans ce cas, de deux choses l'une :

a) La voie étroite acceptera exactement les mêmes difficultés de traction ; alors, conservant les mêmes déclivités de 25 à 30 millimètres, elle remplacera les rayons de 250 mètres par des rayons de 150 à 175 mètres, ce qui lui permettra souvent de supprimer les ouvrages les plus longs à construire et les plus onéreux (viaducs, tunnels, grandes tranchées, etc.). La voie étroite évitera également les passages les plus délicats, tels que les éperons de glaises, qu'elle contournera au moyen de courbes de 150 à 175 mètres au lieu de les couper, comme devrait le faire la voie large, avec des courbes de 250 à 300 mètres.

b) Ou bien, profitant plus encore de sa flexibilité, la voie étroite se développera sur les flancs de la montagne et pourra, tout en évitant les grands travaux, gagner du développement sur la voie large ; et alors, composée de courbes d'égale résistance et de rampes sensiblement plus faibles, la voie étroite offrira à la traction tous les avantages d'un profit fictif bien supérieur.

3° Cas. — *Enfin, il arrivera fréquemment que l'escarpement présentera des difficultés telles, que la voie large, qui ne saurait guère employer de courbes inférieures à* 250 *mètres, devra absolument renoncer à les franchir directement, quelque intérêt qu'il puisse y avoir à le faire.* — C'est le cas, par exemple, de la traversée du Petit-Atlas par Saïda, Aïn-el-Hadjar et Tafaroua.

Saïda, ville située au pied de la montagne, à 820 mètres d'altitude, est aussi importante comme poste militaire que comme centre de colonisation du Haut-Tell; c'est même le seul poste important à 40 kilomètres à la ronde; c'était donc bien le moins que cette ville, la seule de ces parages, fût desservie convenablement par la voie ferrée.

Mais Saïda est déjà dans la montagne à l'entrée de la gorge de l'Oued-Saïda qui, par un premier escarpement brusque, se relève de 200 mètres sur une distance de trois kilomètres à peine, pour atteindre le plateau intermédiaire de Aïn-el-Hadjar (source du Rocher), point d'eau tout à fait remarquable et exceptionnellement favorable à la colonisation et à l'industrie de l'alfa; et ce premier escarpement de 200 mètres est immédiatement suivi d'un second de 150 mètres, qui permet à la voie ferrée de franchir le Petit-Atlas à l'altitude d'environ 1,170 mètres.

Et cependant (l'étude a été faite), il était impossible d'atteindre ces points avec la voie large, qui devait laisser Saïda à plusieurs kilomètres sur la gauche et abandonner complètement Aïn-el-Hadjar, pour se préparer, par de longs détours, à franchir la montagne, oubliant complètement les intérêts à desservir, pour ne se préoccuper que de la possibilité technique de gravir le Petit-Atlas.

La voie de $1^m,10$, au contraire, a très heureusement résolu le problème et donne satisfaction à tous les intérêts. Elle a, d'abord, donné à Saïda la gare à laquelle avait droit ce poste, presque dans la ville même. Puis, s'enfonçant directement dans la montagne, elle a pu, au moyen d'une *boucle à peu près complète, très heureusement tracée en courbe de 175 mètres de rayon*, trouver sur les flancs de la gorge et sans grands travaux, un développement suffisant pour atteindre, en rampes de 27 millimètres, les belles sources d'Aïn-el-Hadjar, où se développe aujourd'hui un des centres les plus beaux et les plus riches d'avenir de toute la colonie, grâce à cette solution, c'est-à-dire grâce aux ressources offertes par la voie étroite et à leur emploi judicieux.

Cette histoire de Saïda et d'Aïn-el-Hadjar, si intéressante dans un pays à coloniser où aucune ressource ne doit être négligée, sera demain l'histoire d'une foule de centres. Faudrait-il donc, dans une colonie surtout, pour le seul amour de la voie large, sacrifier Saïda, Aïn-el-Hadjar et tous les points similaires! On ne pensera jamais, assurément, que l'Algérie doive se plier à ce point aux exigences d'une formule ou d'un type immuable, créé en dehors même du pays où on l'applique et pour des besoins absolument différents.

II. **Terrassements et ouvrages d'art.** — Toutes proportions gardées, et dans les mêmes conditions de stabilité, la largeur des terrassements en couronne sera toujours plus faible, *au moins d'un mètre*, pour la voie étroite (voie de 1 mètre à $1^m,10$) que pour la voie large. En fait, les voies étroites établies gagnent généralement davantage sur la largeur des terrassements. On voit déjà quelle énorme quantité des travaux économiserait l'emploi de la voie étroite au lieu et place de la voie large, *sur le même tracé et en suivant le même profil.* C'est là *un minimum* d'économie sur les terrassements et ouvrages d'art, minimum absolu dont on est toujours assuré, même dans les conditions les moins favorables à la voie étroite.

Mais, en réalité, l'économie est toujours bien plus considérable; car, ainsi que nous venons de le voir, le grand mérite de la voie étroite est précisément de pouvoir suivre un tracé beaucoup plus avantageux que celui qui est imposé à la voie large, tracé plus flexible, supprimant beaucoup de grands ouvrages, évitant les passages délicats et diminuant partout les grands terrassements, en épousant plus facilement les reliefs du sol.

Il est évident, d'après cela, que les économies réalisées sur ce chapitre par la voie étroite, déjà très importantes sur les lignes de plaine, s'accentuent davantage dans une région plus accidentée et deviennent très considérables sur une ligne de montagne.

III. **Voie et matériel fixe.** — Les économies sur l'établissement de la voie et du matériel fixe sont, au contraire, constantes, quel que soit le tracé de la ligne et quelle que soit la région traversée, plaine ou montagne.

Deux lignes établies dans les mêmes conditions de stabilité et de durée emploieront, par exemple, pour la voie large des rails de 30 kilogrammes par mètre courant de barre simple, et pour la voie de $1^m,10$ des rails de 20 kilogrammes.

Tout le reste, traverses, éclisses, boulons, tirefonds, etc..., étant proportionné au poids du rail, qui est la véritable caractéristique d'une voie, sera dans le rapport de 3 à 2.

Il en est de même de la quantité de ballast employé au mètre courant, qui varie en raison directe de la hauteur du rail, de l'épaisseur et de la longueur des traverses, pour une même stabilité et les mêmes conditions d'établissement.

Quant aux changements, croisements, plaques tournantes, etc..., leurs dimensions et, par suite, leurs prix, sont également proportionnels à l'écartement de la voie et à sa rigidité pour un même écartement.

On peut donc établir d'une manière certaine que, pour tout l'ensemble de la voie et du matériel fixe, l'économie réalisée par la voie étroite de 1 mètre à $1^m,10$, établie dans les mêmes conditions de stabilité et de durée que la voie large de $1^m,45$, est du *tiers de la dépense totale*.

IV. **Matériel roulant**. — Dans l'exploitation générale des chemins de fer, en France, on met journellement en circulation, pour 132,500 tonnes utiles, 570,000 tonnes de matériel, soit *quatre tonnes de poids mort pour une de poids utile transporté*.

Nous reviendrons plus loin, avec quelques détails, sur cette grave question des *poids morts*, qui grèvent dans une si grande proportion les frais de traction et imposent aux chemins de fer des frais de premier établissement, d'entretien et de renouvellement si lourds, sur ce chapitre du matériel.

Toutefois, notons dès maintenant :

1° *Qu'en pleine charge :* (a) Pour transporter 1,000 hommes, la voie de $1^m,45$ emploie 130 tonnes de poids mort et la voie de $1^m,10$ 112 tonnes seulement;

(b) Pour porter 1,000 tonnes de marchandises, la voie large emploiera 600 tonnes de poids mort et la voie étroite seulement 520 tonnes;

2° *Qu'en service courant*, les insuffisances de chargement laissent beaucoup moins de vides dans les petits wagons de la voie étroite que dans les grands véhicules de la voie large. On comprend, en effet, qu'une expédition de 1,500 kilogrammes à destination d'une petite gare, qui n'a pas ce jour-là d'autre marchandise à recevoir du même point, nécessitera la mise en route d'*un wagon*, pour ces 1,500 kilogrammes (de poids utile); or ce wagon pèsera en moyenne $4^t,800$ sur la voie large et seulement $2^t,600$ sur la voie étroite. — Chaque expédition semblable, — et c'est constamment de la sorte, les résultats généraux fournis par l'ensemble des chemins de fer en France, cités plus haut, ne le prouvent que trop — nécessitera donc, pour 1,500 kilogrammes de poids utile, la mise en route de 4,800 kilogrammes de poids mort sur la voie large, et seulement de 2,600 kilogrammes sur la voie étroite.

En conséquence, l'utilisation du matériel sur la voie étroite étant plus avantageux dans tous les cas, il est évident que pour une même quantité de trafic, elle aura toujours moins à dépenser en matériel roulant que la voie large.

V. **Économies de premier établissement.** — Nous avons vu, en ne parlant que des lignes récemment concédées (ou même encore à l'étude)[1], que les dépenses de premier établissement garanties par l'État étaient fixées comme suit, avec la voie large :

Duvivier à Souk-Ahras.	406,837 fr.	par kilomètre.
Guelma à Hammam-Meskontine. . .	219,661	—
Hammam-Meskontine au Kroubs. . .	199,663	—
Mostaganem à Tiaret (en projet.). .	199,500	—
Bel-Abbès à Ras-el-Mâ.	170,000	—

Au point de vue des frais de premier établissement, nous ferons six catégories des lignes qui entreraient dans la composition du réseau de 6,000 kilomètres dont l'Algérie doit être dotée; et chaque ligne se classera naturellement dans tel ou tel groupe, suivant les difficultés topographiques à surmonter pour son établissement et le chiffre de la dépense kilométrique qui en serait la conséquence. C'est ce que nous avons indiqué dans les colonnes 1 et 2 du tableau ci-après.

Dans les colonnes 3 et 4, nous avons porté les économies réalisées par la voie étroite de $1^m,10$ dans chacun de ces groupes, en inscrivant dans la colonne 5, l'estimation kilométrique de la voie étroite.

Ces résultats kilométriques ainsi établis, par catégories, rien n'est plus simple que d'obtenir les dépenses de premier établissement du réseau entier de 6,000 kilomètres, soit à voie large, soit à voie étroite.

Si nous admettons, en effet, qu'au point de vue des difficultés d'établissement et des dépenses, les 6,000 kilomètres se répartissent dans les divers groupes, comme il est indiqué dans les colonnes 6 et 7, nous aurons les dépenses d'établissement du réseau entier, avec la voie large dans la colonne 8 et avec la voie étroite (1 mètre, $1^m,10$) dans la colonne 9. Enfin, la colonne 10 relève toutes les économies de construction, réalisées par la voie étroite.

1. Et l'on sait que plusieurs lignes anciennes, telles que celles de Philippeville à Constantine et d'Alger à Oran, ont été beaucoup plus onéreuses.

Frais de premier établissement d'un réseau algérien de 6000 kil. à voie large de 1m,45 et à voie étroite de 1m,10.

GROUPES DE LIGNES suivant les difficultés topographiques à surmonter et les dépenses d'établissements qui en résultent.	RÉSULTATS PAR KILOMÈTRE DE LIGNE				RÉSULTATS POUR LE RÉSEAU ENTIER DE 6000 KILOMÈTRES				
	DÉPENSES par kilomètre pour la voie large de 1m,45.	VOIE ÉTROITE DE 1m,10 — Économies kilométriques réalisées par la voie étroite		VOIE ÉTROITE DE 1m,10 — DÉPENSES par kilomètre pour la voie étroite	Répartition des 6000 kilomètres entre les divers groupes de lignes		DÉPENSES TOTALES		ÉCONOMIES réalisées par la voie étroite de 1m,10
		Proportion pour cent.	Montant des économies par kilomètre		Proportion pour cent	Nombre de kilomètres	avec la voie large de 1m,45	avec la voie étroite de 1m,10	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	francs.	pour 100.	francs.	francs.	pour 100.	kilomètres.	francs.	francs.	francs.
Premier groupe...	400.000	40	160.000	240.000	10	600	240.000.000	144.000.000	96.000.000
Deuxième groupe.	300.000	35	105.000	195.000	15	900	270.000.000	175.500.000	94.000.000
Troisième groupe.	200.000	33	65.000	135.000	25	1.500	300.000.000	202.500.000	97.500.000
Quatrième groupe.	150.000	30	45.000	105.000	15	900	135.000.000	94.500.000	40.500.000
Cinquième groupe.	125.000	30	37.000	88.000	15	900	112.500.000	79.200.000	33.300.300
Sixième groupe...	100.000	25	25.000	75.000	20	1.200	120.000.000	90.000.000	30.000.000
TOTAUX..............................					100	6000	1.177.500.000	785.700.000	391.800.000
Moyennes par kilomètre....................................						1	196.250	130.950	65.300
Comparaison des moyennes kilométriques. — Rapport pour cent........							100	66	33
Comparaison des moyennes kilométriques. — ou en chiffres ronds......							3	2	1

Ce tableau montre que, dans ces conditions, le réseau algérien de 6,000 kilomètres coûterait :

	Voie de 1m,45	Voie de 1m,10	Économies.
En totalité	1,177,500,000 fr.	785,700,000 fr.	391,800,000 fr.
Par kilomètre	196,250 fr.	130,950 fr.	65,300 fr.

Ainsi, l'établissement de la voie de 1m,10 réaliserait une économie de près de 400 millions sur l'ensemble du réseau et plus de 65,000 fr., en moyenne, par kilomètre de voie ferrée.

On remarquera, du reste, que les frais de construction ressortent, dans le rapport, de 3 pour la voie large, à 2 pour la voie étroite, la voie de 1m,10 économisant ainsi le tiers des dépenses de la voie de 1m,45.

CHAPITRE II

EXPLOITATION

I. **Vitesse des trains.** — Il convient tout d'abord de bien distinguer entre la capacité de vitesse d'une ligne, que nous appellerons la *vitesse technique* et la vitesse moyenne de ses trains, que nous appellerons la *vitesse commerciale.*

Vitesse technique. — La vitesse technique est : fonction du tracé, du profil et de la locomotive.

Pour les *trains-éclairs*, marchant à 70 kilomètres, il faut : 1° un tracé très large, dont les courbes ne descendent pas au-dessous de 800 à 1,000 mètres; — 2° un profil peu accidenté, ne présentant pas de déclivités supérieures à 5, à 8 millimètres; — 3° enfin, des locomotives enlevées sur des roues de grand diamètre.

Pour des trains marchant à 40 ou 50 kilomètres, le rayon des courbes pourra descendre à 500 et 600 mètres, et les déclivités être portées à 12 millimètres.

Toutes les lignes (à voie large) qui emploient des courbes de 300 et

400 mètres et des rampes de 18 à 20 millimètres, ne permettront aux trains qu'une vitesse moyenne de 30 à 40 kilomètres.

Or, nous l'avons vu, ce dernier cas est celui de presque toutes les lignes de l'Algérie qui, souvent, même avec la voie large, doivent employer des rayons de 250 et des rampes de 20 à 30 millimètres. — *Au point de vue technique, le réseau algérien, même établi à voie large, n'assurera donc, en général, que des vitesses moyennes de* 30 *à* 40 *kilomètres*.

Mais ces vitesses moyennes de 30 à 40 kilomètres sont fournies avec la même facilité par la voie de 1^m,10 que par la voie de 1^m,45.

En fait, d'après le service journalier au 1er juin 1822, les trains 2 de Saïda à Arzew et 55-56 de Kralfallah à Mecheria, offrent, sur cette voie de 1^m,10, tout récemment ouverte, des vitesses entre les stations atteignant et dépassant même 30 et 35 kilomètres; et, en dehors du service commercial journalier, des trains spéciaux ont fréquemment circulé d'Arzew à Mecheria, avec une vitesse de marche de 40 et 45 kilomètres.

C'est qu'en effet, sur deux lignes à voie large et à voie étroite, offrant à la traction d'*égales résistances*, les deux trains, d'un tonnage proportionné à l'adhérence du moteur, marcheront exactement à la même vitesse; et, si les lignes sont peu accidentées et la charge faible, la vitesse des trains n'aura d'autre limite que la *vitesse maxima des organes de la locomotive*.

Pour travailler dans de bonnes conditions, le mouvement des bielles, par exemple, ne doit pas dépasser une certaine vitesse. Mais ces bielles étant conjuguées aux roues de la locomotive, leur vitesse est fonction du nombre de tours de roues; et l'on comprend que, pour une vitesse déterminée, le nombre de tours de roues sera d'autant plus considérable que le diamètre des roues sera plus faible. — Or, pour assurer à la locomotive la même stabilité dans les deux cas, le centre de gravité doit être abaissé plus près du rail avec un écartement plus faible des points d'appui. Dans les conditions courantes de la construction des locomotives, à l'heure actuelle, cet abaissement du centre de gravité est simplement obtenu par la diminution du diamètre des roues, ce qui abaisse aussi le maximum de vitesse. — Actuellement, les locomotives de la voie de 1^m,10 marchent facilement à des vitesses de 40 à 45 kilomètres, suivant le type de machine. On pourrait certainement améliorer leur construction et créer quelques types permettant plus de vitesse; mais serait-ce bien utile en Algérie?

VITESSE COMMERCIALE. — La vitesse commerciale est celle qui se trouve imposée à toute exploitation, par la force même des choses, par l'importance de la circulation et le tonnage des marchandises, pour permettre aux trains mis en marche de recueillir un trafic, autant que possible, en harmonie avec la dépense. Pour que les trains de vitesse, à grande distance, soient possibles, il faut nécessairement qu'il existe un trafic à grande distance suffisant pour assurer à ces trains un tonnage qui puisse justifier leur mise en marche.

Mais en Algérie, il n'y a aucune relation commerciale de province à province, aucun courant de trafic d'Oran à Alger et encore moins d'Alger à Constantine (où la voie ferrée n'est même pas encore faite) ; toutes les relations sont, au contraire, du point de production directement, par le port le plus voisin, avec la France et l'Europe. C'est à peine s'il y a chaque jour 4 ou 5 voyageurs et quelques tonnes de marchandises d'Alger pour Oran et réciproquement. Aussi, l'*unique train* journalier, allant d'*Alger jusqu'à Oran*, (420 kilomètres) est-il obligé de s'arrêter à *toutes les stations intermédiaires*, pour y recueillir du trafic; ce qui limite à 30 *kilomètres* (arrêts compris) la vitesse commerciale de ce train, le plus rapide de l'Algérie, sur la principale artère du réseau, alors que cette ligne, établie du reste à voie large et à très grands frais, permettrait une vitesse beaucoup plus considérable.

En fait, nous avons vu que, sur les lignes à voie large de l'Algérie, construites à si grands frais, la vitesse moyenne des trains, du point de départ au point d'arrivée (arrêts intermédiaires compris) est de 23 kilomètres (voir le tableau de la page 304). Or, si nous consultons la marche officielle des trains de la ligne à voie étroite de 1^{m},10, d'Arzew à Mecheria (marche au 1er juin 1882), ligne de montagne remontant tous les échelons du Tell et tout récemment ouverte (1° d'Arzew à Saïda en septembre 1879; — 2° de Saïda à Kralfallah, juin 1881; — 3° Kralfallah, Mecheria, avril 1882), nous voyons que le train n° 2, partant de Saïda à 11 heures du matin pour arriver à Perrégaux (120 kilomètres) à 4 heures du soir, assure une vitesse moyenne du point de départ au point d'arrivée (arrêts intermédiaires compris) de 24 kilomètres; et que les trains n° 53 et n° 56 du Kreider à Mecheria (81 kilomètres) assurent entre ces points extrêmes (arrêts intermédiaires compris) une vitesse de 26 kilomètres.

Il est donc bien établi qu'*en Algérie la voie étroite peut répondre,*

aussi bien que la voie large, à toutes les exigences de vitesse nécessaires et pratiques dans ce pays.

Il y a même plus, c'est que, étant donné qu'une vitesse moyenne de 30 à 35 kilomètres, entre les points de départ et d'arrivée (arrêts intermédiaires compris), pour les longues distances, est le maximum qu'on puisse demander et espérer en Algérie (et le tableau de la page 304 montre que les lignes à voies larges actuelles sont loin d'atteindre cette limite), la voie étroite pourra beaucoup plus facilement que la voie large, procurer cette vitesse.

En effet, au point de vue technique nous avons vu que la voie étroite peut, tout aussi facilement que la voie large, fournir des vitesses en pleine marche de 40 à 45 kilomètres ; il est évident, du reste, que la vitesse moyenne du train entre le départ et l'arrivée (arrêts intermédiaires compris) se rapprochera d'autant plus de cette vitesse de 40 à 45 kilomètres qu'on supprimera un plus grand nombre d'arrêts intermédiaires. Or, les trains ne multipliant leurs arrêts que pour chercher dans toutes les stations le trafic direct, qui leur manque aux points extrêmes, plus l'unité du train pourra se contenter d'un tonnage restreint, plus on pourra supprimer d'arrêts intermédiaires et, par suite, plus la vitesse commerciale se rapprochera de la vitesse technique de 40 à 45 kilomètres.

Il est de toute évidence que le train plus économique et plus léger de la voie étroite, se prêtera beaucoup plus facilement que le train, plus lourd et plus cher de la voie large, à l'exécution de ce programme.

II. **Puissance de transport.** — Nous avons vu, page 314, que sur le réseau du Brésil la ligne à voie étroite de $1^{m},10$, de Cantagallo et embranchement de Rio-Bonito, de 211 kilomètres, ouverte à l'exploitation en 1860, faisait, en 1879, une recette brute de 22,100 francs par kilomètre, et que la ligne de Leopoldina, de 217 kilomètres, construite à l'écartement de 1 mètre, ouverte en 1874, faisait en 1879, c'est-à-dire cinq ans après, une recette brute de 22,015 francs par kilomètre. Nous savons, du reste, qu'après ces expériences, faites sur un réseau de 6,805 kilomètres, c'est la voie étroite que l'on généralise désormais. On est donc bien rassuré (après expérience) sur la puissance de transport de la voie étroite.

Si, après des faits aussi éloquents, il pouvait subsister le moindre

doute, nous ajouterions qu'en Angleterre le petit chemin de fer du Festiniog, établi avec l'*écartement de voie* démesurément faible de (0^{m},60) *soixante centimètres*, à traction de locomotive et ouvert au service public des voyageurs et des marchandises, fait actuellement plus de (30,000 francs) *trente mille francs* de recette brute par kilomètre.

Après cela, si l'on se reporte au tableau de la page 304, indiquant le trafic des lignes d'Algérie en 1880, il sera vraiment difficile de pouvoir craindre que la puissance de transport de la voie de 1^{m},10, puisse jamais être prise en défaut dans notre colonie.

On peut, du reste, jeter un coup d'œil sur la ligne à voie étroite de 1^{m},10 d'Arzew à Mecheria, qui gravit successivement et perpendiculairement aux chaînes de montagnes, tous les échelons du Tell. Nous voyons que :

1° *Sur les sections en rampe de* 0 *à* 10 *millimètres*, telles que d'Arzew à Perrégaux (50 kilomètres) et de Kralfallah à Mecheria (137 kilomètres), les machines à marchandises remorquent des trains de 250 tonnes brutes, qui peuvent comprendre et qui ont souvent 40 véhicules. La tare d'un wagon à marchandises variant de 2^{t},3 à 3^{t},3, et la charge utile étant de 5 tonnes, un train complet (33 véhicules à charge complète) comprend, sur ces sections, 165 tonnes de marchandises, et 85 tonnes de poids mort;

2° *Sur les sections les plus montagneuses comportant de longues rampes de* 27 *millimètres* (jusqu'à 9 kilomètres continus), telles que de Bou-Hanifia à Tizi-Mascara (13 kilomètres) et de Saïda au sommet du Petit-Atlas (20 kilomètres), la même locomotive remorque encore des trains de 75 à 80 tonnes brutes (suivant les saisons) soit 78 tonnes comprenant 52 tonnes de marchandises et 26 tonnes de poids mort. Les trains peuvent, d'ailleurs, même dans cette partie, comprendre 24 véhicules.

Il est bien entendu que nous ne parlons ici que du train à *traction simple* et qu'on peut augmenter ce tonnage sur les sections accidentées, en faisant de la *double traction*, toutes les fois qu'il y a utilité de le faire.

On voit par ces deux exemples extrêmes que la capacité du train de la voie étroite, est encore très considérable sur les sections en rampe de 5 à 10 millimètres (40 véhicules, 250 tonnes) et que c'est l'escalade

des montagnes qui, seule, diminue sérieusement le tonnage, comme, d'ailleurs, sur toutes les voies de transport, routes de terre ou voies ferrées, à grande ou à petite section. Il est clair, qu'en multipliant les trains suivant les exigences du trafic, on peut donner satisfaction aux mouvements de marchandises les plus considérables qui puissent se produire, d'autant plus qu'en Algérie, pays d'exportation par excellence, les gros tonnages sont généralement *en descente*, du Haut-Tell vers les ports d'embarquement.

A titre de renseignement nous pouvons donner ici le relevé des transports effectués en 1881 par le chemin de fer d'Arzew à Saïda et Kralfallah, construit comme ligne industrielle et ouvert au public, d'Arzew à Saïda, en septembre 1879, et de Saïda à Kralfallah en juin 1881 seulement. Cette voie étroite, de 1m,10, a été surprise au lendemain de son ouverture et avec un matériel très restreint par l'insurrection des Hauts-Plateaux et par la disette du Tell. — Elle a vu, pendant cette année de perturbation, toutes les lois économiques de l'Algérie et toutes les prévisions renversées : *aucun trafic à descendre et tout à monter*, grains et farines, troupes, matériel et munitions de guerre. Et cependant, dans ces conditions exceptionnellement défavorables, elle a pu, non seulement faire face aux besoins de l'armée et du public, mais encore transporter en même temps (et toujours en remonte) tout le matériel nécessaire à la construction des 115 kilomètres de la ligne militaire de Modzbah, au Kreider et à Mecheria et à la création des trois établissements militaires du Kreider, Mecheria et Aïn-Sefra. Surprise ainsi à ses débuts, cette ligne n'a pas transporté, en 1881, moins de :

1° 60,971 personnes;
2° 703,732 kilogrammes de bagages;
3° 545 chiens;
4° 11,971t,484 kilogrammes de marchandises en grande vitesse;
5° 80,265t,125 — petite vitesse;
6° 1,305 chevaux.

Notons enfin que l'expérience complète que vient de faire cette voie étroite pendant toute la campagne du Sud-Oranais a démontré, de la manière la plus éclatante, que son matériel se prêtait à merveille à toutes les exigences des transports de l'armée, infanterie, cavalerie, train des équipages, artillerie, chevaux et matériel de toutes natures.

Nous y reviendrons, d'ailleurs, plus loin, dans un chapitre spécial (page 342).

III. **Poids mort comparatif.** — Le poids mort qui, sur les voies de terre, ne dépassait pas 30 pour 100 du poids brut (poids utile et poids mort) et 40 à 45 pour 100 sur les voies d'eau, a pris, dans les transports par chemins de fer, une importance vraiment effrayante en raison, d'une part, de l'excédent de résistance des véhicules, exigée par une circulation plus rapide et les dangers de rupture plus graves, et, d'autre part, des obligations du service régulier et à temps compté, qui impose la mise en mouvement de *wagons très incomplètement chargés* et de nombreux *retours à vide.*

Comme nous l'avons déjà vu, sur le réseau français, on met journellement en circulation, pour 132,700 tonnes utiles, 570,000 tonnes de matériel, soit *4 tonnes de poids mort pour 1 de poids utile.*

En Angleterre, avec une bien meilleure utilisation du matériel, le poids brut s'élève encore à 2t,300 kilogrammes par tonne de poids utile pour les marchandises.

Poids mort des wagons. — En France, les *voyageurs* transportés n'occupent que 24 pour 100 des places offertes pour les wagons mis en mouvement; aussi un voyageur compté pour 75 kilogrammes utiles nécessite-t-il la mise en marche de 800 kilogrammes de poids mort (moteur non compris).

Une tonne de *messageries* (transportée par fourgon) met en mouvement un poids de 6,700 kilogrammes.

Enfin, 1,000 kilogrammes de marchandises en *petite vitesse* entraînent le transport de 1,310 kilogrammes de poids mort de wagon.

Poids mort total. — Si, à ces poids mort de wagons, nous ajoutons le poids du moteur, nous aurons comme moyenne de l'exploitation générale du réseau français [1] :

1° *Voyageurs.* — Trains de voyageurs :

Poids utile.		Poids mort wagon.		Poids mort locomotive.		Poids brut total.
(1 voyageur) 75 kil.	+	770 kil.	+	512 kil.	=	1,357 kil.

1. Voir la remarquable étude de M. Marché, ingénieur, et aussi celle de M. Alfred Léger, *Les transports par chemins de fer*, imprimerie Storck, à Lyon.

On transporte donc 1,357 kilogrammes par voyageur ou 18 fois le poids utile.

2° *Messageries en trains de voyageurs.* — Pour une tonne utile de messageries, on a :

Poids utile.		Poids mort wagon.		Poids mort locomotive.		Poids brut total.
1,000 kil.	+	6,162 kil.	+	4,338 kil.	=	11,500 kil.

On transporte 11,500 kilogrammes de poids brut pour une tonne utile ou 11 fois et demi le poids utile.

3° *Grande vitesse en trains mixtes.* — En trains mixtes, les marchandises en grande vitesse par wagon plus ou moins incomplet, fournissent des résultats beaucoup moins mauvais, savoir :

Poids utile.		Poids mort wagon.		Poids mort locomotive.		Poids brut total.
1,000 kil.	+	1,333 kil.	+	436 kil.	=	2,769 kil.

ou 2 fois 80 le poids utile.

4° *Marchandises de petite vitesse.* — Dans les trains de marchandises en petite vitesse, les résultats sont les suivants :

Poids utile.		Poids mort wagon.		Poids mort locomotive.		Poids brut total.
1,000 kil.	+	1,310 kil.	+	432 kil.	=	2,742 kil.

ou 2 fois 7 le poids utile.

Ces résultats généraux, fournis par l'ensemble du réseau français montrent :

a) Que les transports du poids mort sont un facteur très considérable des dépenses d'exploitation des voies ferrées ;

b) Que ces charges croissent dans des proportions énormes avec le degré de vitesse employée ;

c) Que cette exagération du poids mort dépend :

1° Du rapport du poids mort du wagon au poids utile qu'il porte à charge complète ;

2° Du rapport de la charge offerte à la charge utilisée, dans les nombreux wagons incomplètement chargés ;

3° Du retour du matériel à vide.

Examinons donc sommairement quelle sera l'influence de la largeur de la voie, sur ces divers résultats si importants :

Voyageurs. — On peut compter qu'une voiture à voyageurs de 50 places pèse 6,500 kilogrammes pour la voie large et qu'une voiture de 40 places pèse 4,500 kilogrammes pour la voie de $1^m,10$. Dès lors, à train complet :

Sur la voie large 1,000 voyageurs emploieront 130 tonnes de voitures;
Sur la voie de $1^m,10$, 1,000 — 112 —

Si ce train devait faire retour à vide, ces 1,000 voyageurs auraient employé :

Sur la voie large $2 \times 130 = 260$ tonnes de poids mort.
Sur la voie de $1^m,10$ $2 \times 112 = 224$ —

Marchandises. — On peut compter qu'en moyenne, un wagon de la voie large pouvant porter 8 tonnes de marchandises, pèse $4^t,800$ (la tare varie de 4 à 6 tonnes, suivant le type du wagon), soit un poids mort minimum (en pleine charge) représentant 0,60 *du poids utile.*

Sur la voie étroite de $1^m,10$, le wagon portant 5 tonnes pèse en moyenne (de $2^t,3$ à $3^t,3$, suivant les types) $2^t,600$, soit un poids mort minimum (en pleine charge) représentant 0,52 du poids utile[1].

A pleine charge, le transport de 1,000 tonnes de marchandises exigera donc la mise en marche de 600 tonnes de matériel ou poids mort sur la voie large, et de 520 tonnes seulement sur la voie étroite de $1^m,10$.

Si ce matériel devait faire retour à vide ces 1,000 tonnes utiles auraient nécessité, sur la voie large $2 \times 600 = 1,200$ tonnes de poids mort, et sur la voie de $1^m,10$... $2 \times 520 = 1,040$ tonnes de poids mort.

Chargements incomplets. — Pour les chargements incomplets, l'avantage de la voie étroite est bien plus considérable encore.

En effet, il arrive journellement d'avoir à exécuter un transport de 1,200 à 1,500 kilogrammes et même moins, sur une gare déterminée; on est forcé alors de mettre un wagon en route pour ces 1,200 à 1,500 kilogrammes sans avoir d'autres marchandises de même destination, pour compléter le wagon. Or, un wagon de la voie large pèse en moyenne $4^t,800^k$, tandis qu'un wagon de la voie étroite ne pèse que

1. Il convient de remarquer qu'en Algérie, où il pleut très rarement, les wagons découverts, plus légers, sont d'un usage beaucoup plus fréquent que les wagons couverts plus lourds.

2ᵗ600ᵏ; pour chaque expédition semblable de 1,200 à 1,500 kilogrammes de poids utile, la voie de 1ᵐ,45, doit donc transporter 4ᵗ,800ᵏ de poids mort, quand, pour le *même poids utile*, la voie étroite ne transporte que 2ᵗ,600ᵏ.

On voit, en résumé, que, *dans tous les cas possibles, la voie étroite de* 1ᵐ,10 *économise une très notable partie des poids morts nécessaires avec la voie large de* 1ᵐ,45.

IV. **Entretien et renouvellement du matériel.** — *Matériel roulant et outillage.* — Les frais d'entretien et de renouvellement du matériel roulant et de l'outillage seront absolument comparables, sur la voie large et sur la voie étroite, pour un matériel de même importance.

Mais nous avons vu que, *pour un même trafic*, le matériel de la voie étroite, se prêtant à une meilleure utilisation, pourra offrir une capacité totale moindre que celui de la voie large. Cette capacité de matériel moindre imposera, par suite, des frais d'entretien et de renouvellement moins considérables.

Matériel de la voie et matériel fixe. — L'entretien de la voie et du matériel fixe comprend les frais de *main-d'œuvre* et les dépenses de *matières*.

On comprend que la main-d'œuvre de dressage et de relevage soit d'autant plus économique que la voie est plus légère et plus facile à travailler. Quant aux matériaux, ils sont naturellement tous moins chers sur la voie étroite que sur la voie large, puisque leur échantillon est plus faible.

L'entretien sera donc toujours plus économique sur la voie étroite que sur la voie large.

En Algérie, il importe de prévoir largement les *dépenses de renouvellement* du matériel, qui seront *toujours considérables*. Il n'apparaît pas que le climat ait de l'influence sur les rails ; mais ils seront néanmoins assez vite fatigués dans les rampes de 20 à 30 millimètres, qu'il faudra souvent employer sur le réseau algérien. Quant aux traverses, leur durée est extrêmement limitée ; sous le climat africain, la période de durée des traverses en bois est de :

4 à 5 ans pour les traverses en pin maritime injectées,
5 à 6 ans pour les traverses en chêne.

Ce renouvellement est donc un élément de dépense considérable.

Remarquons toutefois que chacune des parties de la voie coûtant *un tiers moins cher*, pour la voie étroite que pour la voie large, les dépenses de renouvellement se trouveront réduites dans la même proportion.

Nota. — Ce renouvellement si rapide des traverses en bois constitue une dépense vraiment effrayante qui charge les frais d'exploitation en Algérie d'une *constante énorme.*

On ne comprend pas qu'en présence de pareils résultats, on ne se soit pas encore plus occupé de remplacer le bois par le fer. *En Algérie* surtout, *il faut absolument arriver à la* **traverse en fer pratique.** — Nous y reviendrons sans doute quelque jour.

V. **Économie d'exploitation.** — Après avoir examiné les différentes parties de l'exploitation, nous en résumerons les dépenses, pour la voie de $1^m,45$ et pour la voie de $1^m,10$, dans un tableau comparatif, comme nous l'avons fait pour les frais de premier établissement. (Voir tableau page 323.)

Nous avons donné en détails, page 306 et 309, les barêmes des frais d'exploitation garantis par l'État, pour plusieurs lignes concédées à Bone-Guelma et aussi à l'Ouest-Algérien ; nous les rappellerons dans le tableau ci-après. (Voir tableau page 336).

La colonne 1 contient les différents chiffres de la recette brute annuelle et kilométrique.

Les colonnes 2 et 3 indiquent, pour chaque recette brute, les frais d'exploitation garantis, comme nous l'avons dit précédemment, au Bone-Guelma, la colonne 2 portant la proportion pour cent des frais d'exploitation par rapport à la recette entre deux sommes déterminées et la colonne 3 le maximum garanti.

Les colonnes 4 et 5 fournissent les mêmes renseignements, en ce qui concerne la ligne de Bel-Abbès à Ras-el-Mâ.

Les colonnes 6 et 7 contiennent les moyennes des frais d'exploitation de ces deux lignes à voie large.

Si nous jetons un regard sur ces moyennes, on voit :

1° Que les frais d'exploitation annuels ainsi garantis à la voie large, ne s'abaissent pas au-dessous de 7,580 francs par kilomètre, et que ces frais sont *constants jusqu'à ce que la recette brute dépasse* 11,000 francs ;

2° Que ces frais d'exploitation ne s'abaissent pas au-dessous de 52 pour 100 de la recette brute.

Il résulte de la première de ces données qu'une ligne établie dans ces conditions et dont la recette brute resterait pendant plusieurs années aux faibles chiffres de 4,000 francs, 5,000 francs et 6,000 francs par kilomètre (et nous pourrions en citer déjà quelques-unes dans ce cas, bien qu'on ait vraisemblablement commencé par établir les plus productives), aurait quand même droit au chiffre constant et garanti de 7,580 francs d'exploitation par kilomètre (le Trésor paye la différence).

En regard de ces divers résultats fournis par la voie de $1^m,45$, nous avons placé, dans la seconde partie du tableau, les mêmes renseignements pour la voie de $1^m,10$:

1° Sur les tracés montagneux (colonnes 8 et 9) ;

2° Sur les tracés de plateaux (colonnes 10 et 11) ;

3° En moyenne (colonne 12 et 13).

Enfin, la colonne 14 donne les différences entre les frais d'exploitation moyens de la voie large (colonne 7) et ceux de la voie étroite (colonne 13), c'est-à-dire les économies kilométriques et annuelles réalisées par la voie de $1^m,10$ sur la voie de $1^m,45$.

Tableau comparatif des frais d'exploitation kilométriques sur la voie de 1m,45 et sur la voie étroite de 1m,10.

RECETTES BRUTES PAR KILOMÈTRE	DÉPENSES KILOMÉTRIQUES SUR LA VOIE LARGE DE 1m,45 — BONE-GUELMA		OUEST-ALGÉRIEN		MOYENNES		DÉPENSES KILOMÉTRIQUES SUR LA VOIE ÉTROITE DE 1m.10 — TRACÉS MONTAGNEUX		TRACÉS DE PLATEAUX		MOYENNES		ÉCONOMIES moyennes par kilomètre offertes par la voie étroite
	Proportion pour 100	Frais d'exploitation garantis	Proportions pour 100	Frais d'exploitation garantis	Proportion pour 100	Frais d'exploitation garantis	Proportion pour 100	Frais d'exploitation garantis	Proportions pour 100	Frais d'exploitation garantis	Proportion pour 100	Frais d'exploitation garantis	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
francs.	pour 100	francs.	pour 100	francs.	pour 100	francs.	pour 100	francs.	pour 100	francs.	pour 100	francs.	francs.
Au-dessous de 8000	»	7700	»	7460	»	7580	»	6400	»	6000	»	6200	1380
de 8000 à 9000	»	7700	»	7460	»	7580	80	6660	75	6480	77.5	6570	1010
de 9000 à 10000	»	7700	»	7460	»	7580	74	7000	72	6800	73	6900	680
de 10000 à 11000	»	7700	»	7460	»	7580	70	7370	68	7150	69	7260	320
de 11000 à 12000	70	8040	68	7920	69	7980	67	7680	65	7440	66	7560	420
de 12000 à 13000	67	8320	66	8190	66.5	8255	64	7930	62	7670	63	7800	455
de 13000 à 14000	64	8550	63	8400	63.5	8470	61	8120	59	7840	60	7980	490
de 14000 à 15000	61	8700	57	8640	60.5	8625	58	8400	56	8100	57	8250	375
de 15000 à 16000	58	8800			57.5	8720	56	8480	54	8160	55	8320	400
de 16000 à 20000	55	10400	54	10400	54.5	10400	53	10200	51	9800	52	10000	400
Au-dessus de 20000	52	»	52		52	»	51	»	49	»	50	»	»

Le tableau précédent fournit tous les résultats de l'exploitation, soit de la voie large, soit de la voie étroite, *par kilomètre de ligne.*

On remarquera en faveur de la voie étroite :

1° Que les frais d'exploitation, au lieu de rester constants à 7,580 francs par kilomètre pour toutes les recettes inférieures à 11,000 francs s'abaissent à 6,400 et même à 6,000 francs, ce qui lui permet d'assurer une *économie d'environ* 1,400 *francs par kilomètre et par an*, pour toutes les recettes égales ou inférieures à 8,000 francs ;

2° Que l'économie, quoique moins considérable, se continue indéfiniment, quelle que soit la recette.

Observation importante. — Nous devons faire remarquer ici que les frais d'exploitation (renouvellement compris) de la voie de 1m,10 s'abaisseraient certainement au-dessous de 6,000 francs, même en Afrique, où les charges sont beaucoup plus lourdes qu'en Europe, si les dépenses de *renouvellement*, si considérables en Algérie, comme nous l'avons expliqué page 334, ne les grevaient démesurément et d'une manière à peu près constante, que la recette soit de 4,000 francs ou qu'elle soit de 8,000 francs. Pour ces faibles trafics, en effet, l'usure des rails est sensiblement la même ; et la détérioration des traverses surtout, cette plaie des lignes d'Afrique, tient beaucoup plus au climat qu'au travail de la voie.

Ajoutons que si, pour la généralisation du raisonnement, nous avons cru devoir nous en tenir au chiffre de 6,000 francs, cette dépense pourra être diminuée souvent sur telle ou telle ligne *facile* et placée dans une *situation favorable.* Quiconque connaît la colonie sait combien il est nécessaire que ces deux conditions soient réunies, et quelle énorme différence existe entre deux lignes de plateaux situées, l'une sur le littoral et l'autre dans la région du désert et des Chotts, à 300 kilomètres et plus de la côte et à 1,000 à 1,300 mètres d'altitude.

Sur le littoral, on a le matériel, l'outillage et les matériaux de toutes natures, au prix de débarquement ; le personnel et la main-d'œuvre ne sont pas trop onéreux ; l'eau nécessaire pour l'alimentation du personnel, pour les maçonneries et pour les locomotives, se trouve à peu près comme il convient.

Sur les Hauts-Plateaux, au contraire :

1° Rails, traverses, chaux, ciments, bois, fers, charbons, etc..., sont grevés d'environ 30 francs par tonne (300 kil. à 0 fr. 10);

2° Le personnel et la main-d'œuvre atteignent des prix tout à fait exorbitants dans ces déserts inhospitaliers;

3° Enfin, souvent la voie ferrée traverse des espaces de 90 *kilomètres*, comme entre Aïn-el-Hadjar et le Kreider, *sans trouver une seule prise d'eau ;* il faut alors qu'un matériel spécial apporte chaque jour l'eau nécessaire aux stations intermédiaires, maisons de garde, alimentations de secours, etc... ; ajoutons que cette eau rare des Hauts-Plateaux, qu'il faut distribuer à de pareilles distances, est souvent mauvaise et ne se conserve pas dans les citernes ;

4° Notons aussi que le siroco brûlant et les vents de sables détériorent le matériel bien plus rapidement que sur le littoral.

On voit combien sont différentes les conditions d'exploitation, sur le littoral ou dans le sud de la colonie.

Comme exemple de ligne facile et placée dans des conditions très favorables, nous pouvons citer le projet de « La Senia (Oran) à Aïn-Temouchent, » qui est à l'heure actuelle en discussion devant les Chambres.

Nous voyons dans le projet de loi que, sur cette ligne à *voie de* 1^{m},45 et de 68 kilomètres, l'État garantit à la compagnie concessionnaire, des frais d'exploitation qui s'élèvent, par kilomètre et par an, *au minimum de* 7,000 *francs*, chiffre invariable jusqu'à ce que la recette dépasse 9,000 *francs* par kilomètre, et pour les recettes plus élevées des sommes portées dans la colonne 3 du tableau ci-après.

Or, exécutée à voie étroite de 1^{m},10, cette même ligne de « La Senia (Oran) à Aïn-Temouchent » permettrait d'abaisser le minimum de garantie à 5,000 francs (renouvellement compris) et d'adopter le barème infiniment plus économique porté dans les colonnes 4 et 5 du tableau, savoir :

RECETTES BRUTES PAR KILOMÈTRE	VOIE DE 1^m,45		VOIE DE 1^m,10		Economies d'exploitation annuelles kilométriques réalisées par la voie de 1^m,10
	Proportion pour 100	Frais d'exploitation garantis	Proportion pour 100	Frais d'exploitation garantis	
1	2	3	4	5	6
francs.	pour 100	francs.	pour 100	francs.	francs.
Jusqu'à .... 5000...	»	7.000	»	5.000	2.000
de 5000 à 6000...	»	7.000	100	5.400	1.600
de 6000 à 7000...	»	7.000	90	5.600	1.400
de 7000 à 8000...	»	7.000	80	6.000	1.000
de 8000 à 9000...	»	7.000	75	6.300	700
de 9000 à 10000...	»	7.460	70	6.500	730
de 10000 à 11000...			65	6.820	640
de 11000 à 12000...	»	7.920	62	7.200	720
de 12000 à 13000...	66	8.190	60	7.540	650
de 13000 à 14000...	63	8.400	58	7.700	700
de 14000 à 15000...	60	8.550	55	7.800	750

Ainsi, comme l'indique la colonne 6, la substitution de la voie de 1^m,10 à la voie de 1^m,45 permettrait au Trésor de réaliser sur la seule garantie d'exploitation, une somme qui varie de 2,000 à 1,000 francs par kilomètre et par an, pour un chiffre de recette inférieur à 8,000 francs et toujours 700 francs pour toutes les recettes supérieures.

Et ces économies d'exploitation, déjà si importantes pour un faible trafic, ne sont pas, à beaucoup près, les seules; celles de premier établissement qui sont beaucoup plus considérables encore, viennent s'y ajouter. Et, en effet, le projet de loi prévoit, pour ces 68 kilomètres de la Senia à Aïn-Temouchent une dépense de 8,800,000 francs garantie à 4 fr. 85 pour 100; c'est, en chiffre rond, 130,000 francs par kilomètre qui à 4 fr. 85 pour 100 représentent, par kilomètre, une annuité garantie par l'État de 6,305 francs. Cette annuité fixe, ajoutée à la garantie minimum de 7,000 francs, porte donc pour la *voie de* 1^m,45 à

13,305 *francs par an* et *par kilomètre* le *minimum garanti* par le Trésor public, *pour les plus faibles recettes.*

Or cette ligne pourrait être construite à voie de $1^m,10$ au prix du 6e groupe (voir tableau, page 323) soit à 75,000 francs, somme qui, à 4 fr. 85 pour 100 représente une annuité de 3,600 francs. Cette annuité, ajoutée aux 5,000 francs d'exploitation, porte donc seulement, pour la voie de $1^m,10$, à 8,600 *francs* la garantie kilométrique totale, au lieu de 13,305 francs, soit une *économie annuelle kilométrique de* 4,705 *francs*, pour les faibles trafics, réalisée par la *voie de* $1^m,10$; ce qui *représente* 35 *pour* 100 *de la garantie accordée à la voie large !*

Maintenant que nous connaissons les résultats kilométriques, appliquons-les à un réseau de 6,000 kilomètres ; et comparons-les résultats fournis par l'exploitation, sur l'ensemble de ce réseau, soit avec la voie large de $1^m,45$, soit avec la voie étroite de $1^m,10$.

Le tableau suivant (page 341) contient ces résultats d'ensemble, calculés pour une recette brute kilométrique, moyenne sur les 6,000 kilomètres, variant de mille en mille francs, depuis 5,000 jusqu'à 21,000 francs (voir le tableau).

La colonne 1 indique le montant de la recette brute.

Les colonnes 2 et 3 donnent les dépenses moyennes de l'exploitation par kilomètre pour la voie de $1^m,45$ et pour la voie de $1^m,10$ (d'après le tableau de la page 341) et la colonne 4 les économies kilométriques assurées par la voie étroite.

Les colonnes 5 et 6 contiennent, pour chacune des recettes variant de 5,000 à 21,000 francs les dépenses totales de l'exploitation du réseau de 6,000 kilomètres, pour la voie de $1^m,45$ et pour la voie de $1^m,10$.

Enfin la colonne 7 indique, pour chaque chiffre de la recette, l'économie totale *annuelle* assurée par la voie de $1^m,10$ sur les seuls frais de l'exploitation garantis par l'État.

Frais d'exploitation d'un réseau algérien de 6,000 kilomètres
à voie large ($1^m,45$) et à voie étroite ($1^m,10$).

RECETTES BRUTES par KILOMÈTRE.	DÉPENSES MOYENNES ANNUELLES par kilomètre.			DÉPENSES ANNUELLES TOTALES pour un réseau algérien de 6,000 kilomètres.			OBSERVATIONS.
	Voie large de $1^m,45$	Voie étroite de $1^m,10$	Économies de la voie étroite	Voie large de $1^m,45$	Voie étroite de $1^m,10$	Économies annuelles de la voie étroite	
1	2	3	4	5	6	7	8
fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	
5.000	7.580	6.200	1.380	45.480.000	37.200.000	8.280.000	
6.000	7.580	6.200	1.380	45.480.000	37.200.000	8.280.000	
7.000	7.580	6.200	1.380	45.480.000	37.200.000	8.280.000	
8.000	7.580	6.200	1.380	45.480.000	37.200.000	8.280.000	
9.000	7.580	6.573	1.010	45.480.000	39.420.000	6.060.000	
10.000	7.580	6.900	680	45.480.000	41.400.000	4.080.000	
11.000	7.580	7.260	320	45.480.000	43.560.000	1.920.000	
12.000	7.980	7.560	420	47.880.000	45.360.000	2.520.000	
13.000	8.255	7.800	455	49.530.000	46.800.000	2.730.000	
14.000	8.470	7.980	490	50.820.000	47.880.000	2.940.000	
15.000	8.625	8.250	375	51.750.000	49.500.000	2.250.000	
16.000	8.720	8.320	400	52.320.000	49.920.000	2.400.000	
17.000	9.265	8.840	425	55.590.000	53.040.000	2.550.000	
18.000	9.810	9.360	450	58.860.000	56.160.000	2.700.000	
19.000	10.355	9.880	475	62.130.000	59.280.000	2.850.000	
20.000	10.400	10.000	400	62.400.000	60.000.000	2.400.000	
21.000	10.920	10.500	420	65.520.000	63.000.000	2.520.000	

Ce tableau montre (colonne 1 et 7) que, sur *les seuls frais d'exploitation* (intérêts du capital de construction en dehors) :

1° Pour toutes les recettes kilométriques égales ou inférieures à 8,000 francs, l'*économie annuelle* assurée par la voie de 1m,10 sur les dépenses garanties par l'État, ne serait pas inférieure à 8,280,000 fr.;

2° Pour la recette de 9,000 francs donnée par le réseau algérien en 1880 (voir le tableau officiel de la page 304), l'économie serait supérieure à six millions ;

3° Quel que soit le chiffre de la recette, l'économie assurée sur les frais garantis est constamment de deux à trois millions chaque année.

CHAPITRE III

TRANSPORTS MILITAIRES

I. **Exposé.** — Nous avons vu, au chapitre de l'exploitation (puissance de transport, page 327), que la voix étroite, la voie de 1m,10 notamment, peut répondre à toutes les exigences des transports, soit commerciaux, soit militaires. Du reste, comme nous l'avons déjà dit, la preuve est faite. En Algérie même, la voie étroite d'Arzew à Saïda et Mecheria, surprise en quelque sorte au début de son exploitation et avec un matériel insuffisant, a fait une expérience décisive des transports militaires, en répondant, non seulement à toutes les exigences de la plus importante expédition qui ait jamais été faite dans le Sud, mais encore en faisant face, en même temps, à tous les transports nécessités par la construction, en huit mois, des 115 kilomètres de voie ferrée, de Modzbah au Kreider et à Mecheria, et à la création des trois places militaires du Kreider, de Mecheria et d'Aïn-Sefra.

Néanmoins, vu l'importance de la question, nous donnerons ici quelques renseignements détaillés sur la facilité avec laquelle les transports militaires sont effectués par les trains de la voie de 1m,10.

Les transports militaires sont de trois natures :

1° Transport des hommes ;

2° Transport des chevaux et mulets ;

3° Transport du matériel de guerre.

Quatre espèces de véhicules sont utilisés pour faire ces transports, savoir :

1° Les voitures à voyageurs } pour les hommes ;
2° Les wagons aménagés }

3° Les wagons à bestiaux, pour les chevaux et mulets ;

4° Les trucs ou wagons plats bords, pour le matériel.

II. **Transport des hommes.** — *Voitures à voyageurs.* — On sait que la loi du 15 juillet 1845 sur la police des chemins de fer, fixe les dimensions de la place d'un voyageur à $0^m,45$ de largeur et $0^m,65$ de profondeur.

Dans ces conditions, les voitures de 3ᵉ classe de la voie de $1^m,45$ offrent 50 places pour un poids mort moyen de 6,500, soit 130 kilog. par place.

Les voitures similaires de la voie de $1^m,10$ offrent 40 places pour un poids mort de 4,500 kilog., soit $112^k,5$ seulement par homme.

Wagons aménagés. — Les wagons à marchandises de la voie de $1^m,10$, aménagés pour le transport des troupes, peuvent offrir 30 places.

Ainsi, le matériel de la voie étroite offre, pour le transport des hommes, savoir :

1° Soldats non équipés. . . .	par voiture à voyageurs.	40
	par wagon aménagé.	30
2° Soldats équipés et armés, avec réduction de 2/10ᵉ pour le dépôt de l'équipement. (Règlement du 1ᵉʳ juillet 1874.).	par voiture.	32
	par wagon aménagé. .	24

III. **Transport des chevaux.**— Les wagons à bestiaux, employés aux transports des chevaux et mulets ont, en général, les dimensions suivantes :

Sur la voie de 1^{m},45 : — 5^{m},45 de longueur sur 2^{m}, 45 de largeur;
Sur la voie de 1^{m},10 : — 4^{m},50 de longueur sur 2^{m},26 de largeur.

Or, le règlement du 1er juillet 1874 indique comme suit la largeur nécessaire pour un cheval, savoir :

1° Cheval *dessellé* de cavalerie légère. . . . . . . 0^{m},55 à 0^{m},60
2° Cheval *sellé* de cavalerie légère. . . . . 0^{m},60 à 0^{m},65
3° Cheval *dessellé* de cavalerie de ligne ou de réserve. 0^{m},60 à 0^{m},65
4° Cheval *sellé* de cavalerie de ligne ou de réserve.. 0^{m},75 à 0^{m},80

Dans ces conditions, le nombre de chevaux contenus dans un wagon est indiqué par le tableau suivant :

TAILLE des CHEVAUX.	MODE de CHARGEMENT.	HARNACHÉS ou NON HARNACHÉS.	NOMBRE PAR WAGON	
			VOIE de 1^{m}.10.	VOIE de 1^{m}.45.
Cavalerie légère..	Chevaux placés perpendiculairement à la voie.	Harnachés.....	6	8
		Non harnachés.	8	9
	Chevaux placés parallèlement à la voie.	Harnachés.....	6	6
		Non harnachés.	8	8
Cavalerie de ligne ou de réserve.	Chevaux placés perpendiculairement à la voie.	Harnachés.....	5	6
		Non harnachés.	6	8
	Chevaux placés parallèlement à la voie.	Harnachés.....	4	6
		Non harnachés.	6	6

Ce tableau montre clairement que le matériel de la voie de 1^{m},10 offre les mêmes ressources que le matériel de la voie de 1^{m},45 pour le transport de la cavalerie harnachée ou non harnachée ; le nombre de chevaux portés par chaque véhicule ne présente même pas une grande différence.

IV. **Transport de l'artillerie et du matériel de guerre.** — Les véhicules employés pour le transport du matériel de guerre sont les trucs ou wagons plats, dont les dimensions sont en moyenne :

Sur la voie de 1^{m},45 : — 5^{m},50 de longueur sur 2^{m},60 de largeur.
Sur la voie de 1^{m},10 : — 4^{m},50 de longueur sur 2^{m},26 de largeur.

Or, le règlement du 1er juillet 1874 dit textuellement :

« Jusqu'à 4^{m},50 de longueur, les trucs peuvent recevoir une voiture « et demie de 4 ou de 5 ou un chariot de batterie.

« Au-dessous de 4^{m},50, les trucs ne peuvent recevoir qu'une seule « voiture.

« Tous les trucs dont les longueurs varient de 5^{m},30 à 4,50 peuvent « recevoir deux caissons légers (à 2 roues). »

Donc, les trucs de la voie de 1^{m},10, ayant précisément 4^{m},50 de longueur, transportent chacun :

1° ou 1 voiture et demie de 4 ou de 5 ;

2° ou 1 chariot de batterie;

3° ou 2 caissons légers (à 2 roues).

V. Avantages particuliers de la largeur de 1^{m},10 pour la voie. — *a*) *Hommes.* — Nous avons vu que l'ordonnance de police fixe à 0^{m},45 la largeur à offrir à chaque voyageur et que les voitures de la voie de 1^{m},10 ont 2^{m},26 de largeur intérieure. Or 5 voyageurs à 0^{m},45 occuperont 2^{m},25, c'est-à-dire la largeur exacte de la voiture de la voie de 1^{m},10 ; la moindre réduction de largeur ferait donc perdre une place par banquette, soit 1/5 de la capacité de la voiture ou 8 places sur 40.

b) *Chevaux.* — Le règlement militaire du 1er juillet 1874 fixe la largeur à occuper pour un cheval de cavalerie légère, *non sellé*, et c'est le cas de tous les transports de cavalerie d'Afrique (chevaux arabes) ou à peu près, à 0^{m},55 ou 0^{m},60. Or, les wagons à bestiaux de la voie de 1^{m},10 ont 2^{m},26 de largeur intérieure, ce qui, pour quatre chevaux placés parallèlement à la voie, dans chaque bout de wagon, donne pour un cheval $\frac{2^{m},26}{4} = 0^{m},565$.

Ici encore une réduction de quelques centimètres ferait perdre le logement de deux chevaux par wagons, soit 2 sur 8 ou le quart de la capacité de transport.

c) *Matériel.* — Nous venons de citer les propres termes du règlement des transports militaires en ce qui concerne le matériel et nous les rappelons encore :

« Jusqu'à 4^{m},50 de *longueur*, les trucs peuvent recevoir une voiture « et demie de 4 ou de 5 ou un chariot de batterie.

« Au-dessous de 4^{m},50, les trucs ne peuvent recevoir qu'une seule « voiture.

« Tous les trucs dont les longueurs varient de 5^m,30 à 4^m,50 peuvent recevoir deux caissons légers (à 2 roues). »

La voie de 1^m,10 fournit précisément cette *longueur de* 4^m,50 *limite*, si avantageuse pour une bonne utilisation.

Avec une diminution de quelques centimètres sur cette longueur, un truc ne peut plus porter qu'une voiture au lieu d'une et demie, soit une perte de 33 0/0, et qu'un seul caisson au lieu de deux, soit une perte de 50 0/0.

On voit, en résumé, que la largeur de voie de 1^m,10 *est précisément choisie, parce qu'elle offre le matériel assurant le minimum de poids mort et le maximum d'effet utile, dans les conditions prescrites par l'ordonnance de police et le règlement des transports militaires.*

En conséquence, dans un pays comme l'Algérie, où les chemins de fer doivent tous être établis à voie étroite et où la facilité des transports militaires joue un très grand rôle sur la sécurité de la colonie, l'emploi de la voie de 1^m,10 *se recommande de préférence à toute autre, pour le premier réseau dit réseau stratégique.*

VI. **Importance des trains militaires sur la voie de 1^m,10.** — Après avoir examiné successivement les différents types du matériel de la voie de 1^m,10, employés aux transports militaires, et comparé l'effet utile de chaque véhicule appliqué aux embarquements, soit d'infanterie, soit de cavalerie, soit de matériel, à l'utilisation correspondante des wagons de la voie de 1^m,45, nous ne pouvons mieux faire, pour donner une idée complète de la puissance de la voie de 1^m,10, appliquée aux transports de l'armée, que de donner des exemples de la composition de divers trains militaires.

Sur les lignes parcourant des plateaux (courbes *minima* de 300 à 400 mètres de rayon et déclivités *maxima* de 10 millimètres par mètre), une locomotive de 30 tonnes, à quatre roues couplées, remorque, à la vitesse de 20 kilomètres, un train de 40 véhicules formant 250 à 275 tonnes brutes. C'est le cas des trains de marchandises parcourant, sur la ligne d'Arzew à Mecheria, les sections d'Arzew à Perrégaux (50 kilomètres), de Tizi au kilom. 134 (34 kilomètres), et de Kralfallah à Mecheria (137 kilomètres). Nous prendrons ce train pour type et nous indiquerons, dans le tableau ci-après, les effectifs transportés dans les trois cas de chargement : 1° en troupes d'infanterie, 2° en cavalerie, 3° en artillerie et matériel.

Puissance d'un train militaire de 40 véhicules sur la voie de $1^{m},10$.

A. — TRAIN D'INFANTERIE

Véhicules — Nombre	Véhicules — Désignation	Tonnage brut	Détail des troupes et accessoires transportés par le train	
véhic.		ton.		
2	Fourgons à bagages.	16	7 tonnes de bagages	
1	Voiture de 1re classe.	6	24 officiers	1004 militaires équipés et armés.
17	Voitures de 3e classe à 40 places soit 32 militaires armés.	124	544 soldats équipés.	
18	Wagons aménagés offrant 30 places soit pour 24 soldats équipés. . . .	99	432 soldats équipés	
2	Wagons contenant : 1° 2 palefreniers. 2° en moyenne 7 chevaux.	13	4 soldats.	
			14 chevaux ou mulets.	
40		258		

B. — TRAIN DE CAVALERIE

Véhicules — Nombre	Véhicules — Désignation	Tonnage brut	Détail des troupes, chevaux et accessoires transportés par le train	
véhic.		ton.		
2	Fourgons à bagages.	16	7 tonnes de bagages	
1	Voiture de 1re classe.	6	24 places.	218 militaires équipés et armés
4	Voitures de 3e classe offrant 40 places soit pour 32 militaires armés. . .	29	108 soldats équipés.	
33	Wagons contenant : 1° 2 palefreniers. 2° en moyenne 7 chevaux.	208	66 soldats	
			231 chevaux.	
40		259		

C. — TRAIN D'ARTILLERIE ET MATÉRIEL

Véhicules — Nombre	Véhicules — Désignation	Tonnage brut	Détail des hommes, chevaux et matériel transportés par le train	
véhic.		ton.		
2	Fourgons à bagages.	16	7 tonnes de bagages.	
1	Voiture de 1re classe.	6	24 places.	140 militaires équipés et armés
3	Voitures de 3e classe offrant 40 places soit pour 32 soldats équipés.	22	96 soldats équipés.	
10	Wagons contenant : 1° 2 palfreniers. 2° en moyenne 7 chevaux.	63	20 soldats	
			70 chevaux.	
8	Trucs portant 1 chariot de batterie . .	44	8 chariots de batterie.	
8	Trucs portant 2 caissons	48	16 caissons et accessoires.	
8	Trucs portant 1 voiture et demie. . . .	44	12 voitures et accessoires.	
40		243		

Ce tableau montre qu'un train de 40 véhicules fournit les trois résultats suivants :

a) *Infanterie.* — Le train, formant 258 tonnes brutes, transporte :

1° 7 tonnes de bagages;
2° 1,004 officiers, sous-officiers et soldats équipés et armés;
3° 14 chevaux et mulets.

b) *Cavalerie.* — Le train, formant 259 tonnes brutes, transporte :

1° 7 tonnes de bagages;
2° 218 officiers, sous-officiers et soldats équipés et armés;
3° 231 chevaux.

c) *Artillerie et matériel.* — Le train, formant 243 tonnes brutes transporte :

1° 7 tonnes de bagages;
2° 140 officiers, sous-officiers et soldats équipés et armés;
3° 70 chevaux;
4° 8 chariots de batterie;
5° 16 caissons avec leurs munitions et accessoires;
6° 12 voitures, forge et accessoires,

ou tout autre chargement analogue, au gré du commandement.

Sur les sections plus accidentées, on aura recours à la double traction, ou on réduira la charge suivant le profil. Mais ce n'est plus là une question de largeur de voie; c'est uniquement une question de *déclivités*, qui ont exactement la même influence sur la traction, quelle que soit la largeur de la voie.

VII. **Puissance de concentration, conclusions.** — On connaît désormais l'effet utile des wagons et des trains pour les divers transports militaires. Partant de là, il est évident que la puissance de concentration d'une voie étroite dépendra uniquement du nombre de trains qu'il sera possible de former avec le matériel disponible, avant le retour à vide du premier train expédié. Cette puissance dépend donc, pour une largeur de voie donnée, uniquement de la quantité de matériel à disposition. A ce point de vue, d'un ordre tout à fait supérieur, il conviendra donc de grouper les lignes à voie étroite de même largeur par réseau d'une certaine importance, 800 à 1,000 kilomètres par exemple, dans la même main.

En résumé, l'étude minutieuse des faits conduit à ces conclusions :

1° Que, la voie de 1m,10 donne un effet utile supérieur à toute autre voie analogue, au point de vue des transports militaires;

2° Que pour fournir leur *maximum* de rendement et être toujours en mesure de répondre à une éventualité militaire, les lignes formant le réseau stratégique, à voie de 1m,10, doivent être réunies autant que possible par groupes de 800 à 1,000 kilomètres, placés sous la même autorité.

CHAPITRE IV

AVANTAGES PARTICULIERS A LA VOIE ÉTROITE EN ALGÉRIE

I. **Points stratégiques et centres de colonisation que la voie de 1m,45 ne peut desservir.** — Nous avons vu que le Tell s'élève, du littoral à la ligne de faîte du Petit-Atlas, par échelons successifs de plusieurs centaines de mètres chacun et le plus souvent très brusques. On comprend qu'une semblable configuration du sol rende l'accès de certaines localités extrêmement difficile pour un tracé de chemin de fer.

Nous pourrions même citer nombre de points stratégiques et de centres de colonisation de première importance, qui sont complètement inaccessibles au tracé de la voie large, et que la voie étroite seule peut atteindre.

Nous avons déjà cité, à l'occasion du *tracé* (voir page 318), l'exemple si frappant de Saïda et d'Aïn-el-Hadjar, que chacun peut apprécier *de visu*. Le tracé de la voie large devait absolument se détourner de Saïda et abandonner complètement Aïn-el-Hadjar. On se demande alors ce qu'un pareil tracé aurait bien pu desservir dans ces parages. Et cependant ces cas se rencontrent à chaque pas en Algérie.

Mais nous ne voulons pas y revenir et nous prions de vouloir bien se reporter à ce que nous avons dit précédemment à l'occasion du *tracé*, pages 316 et suivantes, et notamment à la page 319.

II. **Rapidité d'exécution. — Nécessités militaires.** — N'oublions pas, disions-nous page 302, que l'Algérie est une colonie, un pays neuf où tout est à créer. Si l'on veut réellement tirer parti de cette grande et riche colonie, il faut nécessairement procéder comme en Amérique, faire ce que les Anglais font partout, aux Indes, en Australie, dans la Nouvelle-Zélande, etc... : *Commencer par sillonner le pays, en toute hâte, de voies ferrées distribuant la vie et assurant la sécurité;* le reste vient tout naturellement ensuite, la colonisation et la richesse suivent de près, l'initiative individuelle s'en charge.

Il faut procéder rondement et sans hésitation. Dans un pays neuf, dont l'occupation coûte cher, la première nécessité qui s'impose est de *faire vite;* car chaque année de retard impose, en sacrifices stériles et en richesses perdues, des pertes énormes, sans compter qu'une action vigoureuse, seule, peut donner aux colons, industriels et capitalistes, la confiance et l'entrain nécessaires.

Il est évident pour tous qu'un réseau, dans un pays difficile surtout, peut être établi plus rapidement à voie étroite qu'à voie large, puisque les travaux sont beaucoup moins importants. En matière de travaux, presque toujours la rapidité est sœur de l'économie et marche de pair avec elle. Nous croyons tout à fait inutile d'insister sur ce point.

Mais, de plus, en dehors de l'exécution générale d'un réseau, il se présente souvent des cas spéciaux, des nécessités très pressantes qui réclament une solution immédiate sans délai possible. Tel est le cas de la ligne militaire de 115 kilomètres de Modzbah-Kreider-Mecheria, dont l'insurrection du Sud-Oranais de 1881 a fait surgir tout à coup la nécessité et qui a dû être établie, pour cause de sécurité, avec le maximum de rapidité possible[1]. C'est un exemple frappant et plein d'actualité, des immenses services que les voies ferrées sont appelées à rendre à la sécurité aussi bien qu'à la colonisation de l'Algérie. Aussi empruntons-nous l'extrait ci-après au compte rendu sommaire de la construction de la ligne de Mecheria, publié dans le *Génie civil* du 15 mai dernier, par M. Chabrier, ancien ingénieur de la voie des chemins de fer de l'Ouest.

« **Historique.** — A la fin de juillet dernier, dit M. Chabrier, le pre-

1. Rappelons que la même nécessité s'est imposée en Bosnie, à l'armée autrichienne, et qu'on a du y pourvoir par l'établissement d'*urgence* de la ligne de Brood-Zenica-Sarajevo, *voie étroite de 270 kilomètres* (Voir l'Introduction, page 295).

mier soin de MM. les généraux Saussier et Delebecque, en venant prendre possession de leur commandement en Algérie, fut de visiter les Hauts-Plateaux Oranais, où l'insurrection avait fait tant de ravages et causé une si grande émotion. Les trains du chemin de fer d'Arzew à Saïda conduisirent alors ces généraux au delà du Petit-Atlas, sur le versant des Chotts, jusqu'à Modzbah-Sfid, à 237 kilomètres du littoral.

« Il faisait à cette époque (fin juillet 1881), dans le bassin des Chotts, une température torride. Nos troupes d'Afrique, pourtant si aguerries, qui parcouraient depuis trois mois ces déserts sans fin, traînant, sous un ciel de feu et à travers les sables brûlants, leurs convois de ravitaillement, s'exténuaient sans résultat possible.

« Les généraux jugèrent d'un coup d'œil la situation; et, abandonnant sans hésitation les vieux errements, ils adoptèrent immédiatement la vraie tactique :

« Choisir et occuper des points stratégiques, tels que le Kreider, Mecheria, Aïn-Sefra,... rendant impossibles les incursions des insurgés;

« Aménager ces postes militaires, de manière à y rendre la vie des troupes supportable;

« Relier ces postes par une ligne ferrée à voie étroite qui, en permettant la concentration et le ravitaillement par la locomotive, assurerait la sécurité du Sud-Oranais et économiserait à la France le sang de ses enfants, aussi bien que les dépenses excessives et sans cesse renaissantes, des transports à dos de chameaux, à travers les Chotts et les sables du désert.

« L'inspection des généraux Saussier et Delebecque avait lieu les 22 et 23 juillet 1881.

« Le 1er août, le général Colonieu montait à Sfid prendre le commandement de la colonne, avec laquelle il partait le 5 août, accompagné de M. le directeur du génie Guichard. Le 10, après cinq pénibles journées de marche, il campait avec ses troupes à Mecheria, sur l'emplacement du poste qu'il venait créer et garder.

« **Avancement des travaux.** — Le 4 août, les Chambres votaient l'établissement d'urgence de la ligne stratégique de Modzbah-Sfid au Kreider et à Mecheria, que les ingénieurs et administrateurs de la compagnie Franco-Algérienne, dans un élan d'enthousiasme patriotique,

s'étaient engagés à faire en 100 jours jusqu'au Kreider, sur 34 kilomètres, et en 250 jours jusqu'à Mecheria, sur 115 kilomètres.

« L'ordre d'exécution était lancé par télégramme de M. le général Saussier, adressé à M. Fousset, ingénieur en chef de la compagnie, le 6 août.

« Le 7 août, 1,500 ouvriers étaient à l'œuvre.

« Le 27 septembre, la locomotive sifflait aux sources du Kreider : les *trente-quatre* premiers *kilomètres*, malgré les chaleurs torrides d'août et de septembre, étaient enlevés en *cinquante-deux jours;* et le 29 septembre, MM. les généraux Delebecque et Germain, accompagnés de leurs états-majors et de tous les chefs de corps, inauguraient l'arrivée de la locomotive au Kreider, remerciaient chaleureusement, au nom de l'armée et du gouvernement, la compagnie et ses ingénieurs de l'effort prodigieux qu'ils venaient de faire et des résultats sans précédents qu'ils venaient d'obtenir.

« Le 15 octobre, les trois colonnes commandées par le général Delebecque, avec 7,000 chameaux, étaient concentrées en gare du Kreider et s'enfonçaient dans le sud, emportant de M. Fousset la promesse que les Chotts seraient franchis et le ravitaillement des troupes assuré sur la rive sud du Chott, avant la Saint-Hubert (3 novembre).

« Le 25 octobre, la première locomotive franchissait le Chott, et, le 30 octobre, la gare militaire de Bou-Guetoub était installée sur la rive sud.

« Le 13 décembre, la gare mobile de l'avancée, installée au camp de Bir-Sénia (kil. 313), y assurait tous les ravitaillements de l'armée. — *Soixante-seize kilomètres,* dans lesquels se trouvait comprise la traversée du Chott, étaient donc terminés en *cent-vingt-huit jours.*

« Malheureusement, les désastres accumulés par les ouragans, neiges et inondations de décembre, vinrent enrayer un moment cet élan! Du 13 décembre au 21 février, tout approvisionnement de matériel fut suspendu, par force majeure.

« Et cependant, malgré cette interruption forcée de 70 jours, la locomotive arrivait à Mecheria, à 115 *kilomètres* de Modzbah, et à 352 kilomètres du rivage, le 2 avril, c'est-à-dire le 239e jour qui suivait l'ordre d'exécution.

« Le 10 avril, M. le général en chef Saussier, accompagné des autorités civiles et militaires, partait d'Alger à 6 heures du matin et arrivait le soir même à Saïda. Le lendemain 11, le train d'inauguration

franchissait en 7 heures de marche le petit Atlas, le désert et les Chotts, qui séparent Saïda de Mecheria. Rien n'eût été plus simple (s'il y avait eu utilité quelconque), comme chacun le faisait judicieusement observer, que de continuer sa route la veille, au lieu de passer la nuit à Saïda : parti d'Alger le 10 à 6 heures du matin, on serait arrivé à Mecheria le 11, à 5 heures du matin, et on se fût rendu d'Alger à Mecheria en 23 heures[1]. »

Tous les ingénieurs seront évidemment de notre avis quand nous affirmerons qu'il eût été impossible d'obtenir ces résultats avec le gros matériel de la voie de $1^m,45$. Et cependant *cette rapidité* était indispensable, la sécurité de toute une province l'exigeait et le ministre de la guerre la réclamait impérieusement !

Qui oserait dire que cet exemple d'hier, auquel personne ne pensait, il y a deux ans, ne se représentera pas sur un point ou sur un autre de notre grande colonie !

III. **Les montagnes de glaise et les orages d'Afrique.** — Nous abordons là un chapitre fort délicat. Mais il faut avoir le courage de toutes les vérités, si désagréables qu'elles puissent être ; car ce n'est pas en cachant le danger, mais bien en le regardant en face, qu'on peut le conjurer.

Nous avons déjà dit, d'une part, que les chaînes de montagnes escarpées du Tell, que doivent couper, perpendiculairement ou à peu près, toutes les lignes de pénétration, qui sont les plus importantes pour la colonie, sont en général très escarpées et souvent formées de *glaises glissantes, impossibles à éviter.*

D'autre part, la pluie, qui est inconnue dans ces parages pendant les huit mois d'été, s'abat généralement pendant l'hiver en trombes effrayantes. Dans ces montagnes et vallées de glaises dénudées, ces violents orages provoquent des glissements et produisent de subites inondations qui viennent bouleverser les voies de communication. Sans remonter plus loin, chacun se rappelle la tourmente de la mi-décembre dernier (1881), pendant laquelle une couche d'eau de 272 millimètres s'est abattue en 24 heures dans la vallée de l'Habra, par

1. Au commencement de la campagne, huit mois auparavant, les troupes ne pouvaient se rendre en moins de *six journées* de marche pénible, seulement de Saïda à Mecheria !

exemple ; et l'on sait que ces orages exceptionnels, qui se sont étendus sur les trois provinces, avec des variations de date et d'intensité, emportant les ouvrages et coupant les remblais, ont interrompu momentanément la circulation sur presque toutes les lignes d'Algérie (de Bone à Guelma, d'Orléansville à Oran, de Perrégaux à Mascara, etc...) Certes, ces cas de rupture ne feront que se généraliser par l'établissement des lignes nouvelles traversant les *Portes de Fer*, les *Gorges de la Chiffa*, le *Pont-de-l'Isser*, et mille autres passages difficiles.

C'est assurément là, dans l'établissement du réseau algérien, un gros facteur, qu'il serait inutile de dissimuler et avec lequel il faut absolument compter.

Il n'en faut point pourtant grossir démesurément les conséquences. Certes, des interruptions répétées dans la circulation, entre le Havre et Marseille ou entre Paris et Bordeaux, auraient de terribles conséquences. Mais la chose est bien différente entre Constantine et Biskra ou entre Oran et Mecheria. Il faut prendre l'Algérie pour ce qu'elle est, un pays à grands extrêmes : grandes sécheresses et grands orages, énorme production et stérilité complète, etc... On n'abandonne pas la colonisation d'un plateau fertile, parce qu'il a eu le malheur d'être éprouvé par la sécheresse pendant une ou plusieurs années ; car vient ensuite l'année d'abondance qui paye pour toutes les autres. De même, on ne peut songer un instant à écarter l'établissement d'une ligne nécessaire, parce que quelques-unes de ses parties seront de temps à autres menacées par les éléments.

Ce qu'il faut seulement — mais il le faut absolument — c'est tenir très sérieusement compte de cette situation particulière, dans l'étude du *programme du réseau de voies ferrées le mieux approprié à la situation de l'Algérie et à l'ensemble de ses besoins.*

A ce point de vue, il est évident que le type de voie ferrée qui convient le mieux à notre colonie est celui qui répond le plus complètement aux deux conditions suivantes :

1° Diminuer les causes d'interruption ;
2° En réduire la durée au minimum.

a) *Diminuer les causes d'interruption.* — Pour s'appuyer sur les flancs d'un coteau, ou gravir des montagnes de glaises, tout en réduisant au minimum les chances de glissements, il est évident qu'un tracé doit s'appliquer à épouser le sol naturel et à contourner les mamelons

sans les couper, ou en les entamant le moins possible, car là est le grand danger.

Or, après ce que nous avons dit (voir pages 316 et suivantes) à l'occasion du tracé, il est inutile d'insister pour faire comprendre tout le parti qu'on peut tirer à cet égard, d'une voie flexible, permettant d'employer, sans aucune difficulté ni inconvénient, pour la voie de 1^{m},10, des courbes de 150 mètres et même moins. La voie étroite offre donc, à ce point de vue, des avantages vraiment très considérables sur la voie large.

b) *Réduire au minimum la durée des interruptions.* — Quelles que soient les précautions prises, il ne faut point compter cependant, au milieu de ces glaises et par certaines tourmentes, pouvoir éviter complètement toute avarie :

1° C'est un ouvrage insuffisant pour débiter une trombe d'eau, qui s'abat inopinément sur un point où jamais il n'avait été vu d'eau et où, peut-être, il ne s'en verra plus jamais ; car c'est le propre de ces phénomènes, de changer constamment de lieu ;

2° C'est un remblai entamé ou même emporté par le débordement d'un *oued* insignifiant, dont les eaux furieuses ont augmenté mille fois de volume en deux heures, et ont passé comme un ouragan, pour laisser de nouveau le lit à sec le lendemain ;

3° C'est un massif de glaise qui s'est mis en mouvement et qui vient obstruer la voie ferrée, sans qu'on puisse songer à déblayer la ligne pendant que ces terres sont humides, car en couper le pied serait accentuer le glissement, en le favorisant ;

..... Et mille cas analogues, la nature, au milieu de ces désordres, étant malheureusement plus féconde en moyens de destruction que l'imagination la plus fertile ne pourrait le supposer.

Voilà des difficultés avec lesquelles, quoi qu'on fasse, on se trouvera toujours aux prises, à certains moments, en Algérie. Il ne faut point s'en effrayer outre mesure ; mais il importe d'être outillé pour y faire face dans tous les cas, sans laisser subir à la circulation une interruption trop sensible. Or, à ce point de vue, la voie étroite offre des ressources vraiment prodigieuses.

Sur la ligne à voie de 1^{m},10 d'Arzew à Saïda, nous avons subi, pendant l'hiver 1881-1882, ces avaries sous toutes leurs formes, occasionnées par la tourmente extraordinaire et sans précédent des 13 au 15 décembre, et éprouvé des dégâts plus graves encore, entraînés par

la rupture du grand barrage de l'Oued-Fergoug [1]. Nous avons donc quelque expérience des ressources de toutes sortes, auxquelles il faut avoir recours pour renouer la circulation, malgré les difficultés de toutes natures que créent, dans ces montagnes d'argile, le déchaînement des éléments.

Sur cette voie de $1^m,10$, nous avons des machines des trois types ci-après :

1° Petite locomotive-tender de 10 tonnes à vide, 12 en charge, à 3 essieux couplés, soit quatre tonnes par essieu ; ces machines passent dans les courbes de 75 à 80 mètres de rayon ;

2° Locomotive-tender de 20 tonnes à vide, 26 tonnes en charge, à 3 essieux couplés et 1 essieu porteur, soit $6^t,5$ par essieu en pleine charge ; ces machines passent dans les courbes de 100 mètres de rayon ;

3° Locomotive avec tender séparé, pesant 26 tonnes à vide et 30 tonnes en pression, à quatre essieux couplés, soit $7^t,5$ par essieu ; ces machines passent dans les courbes de 125 mètres de rayon.

En présence d'un ouvrage emporté, d'un remblai glaiseux effondré et auquel il est impossible de toucher avant que les terres soient séchées,— d'un massif de glaises humides éboulé sur la voie, etc..., il suffit, pour maintenir quand même la circulation, d'établir rondement, avec les bois courants qu'on a toujours sous la main, un pont provisoire léger pouvant porter des charges de 4 à 7 tonnes par essieu, — de remplacer le remblai effondré par une estacade en traverses, — de contourner le massif de glaises en mouvement, par une déviation en courbe de 100 et même de 80 mètres de rayon, etc. — En multipliant les trains très légers, on peut toujours traverser ainsi les moments critiques et attendre les réparations complètes, sans laisser en souffrance aucun intérêt sérieux. Il est de toute évidence que le gros matériel de la voie de $1^m,45$, lourd et rigide, n'offre, au même degré, aucune de ces ressources précieuses.

Hâtons-nous d'ajouter que, s'il n'est pas permis de méconnaître cette situation, et s'il convient d'en tenir le plus grand compte, des cataclysmes comme celui que nous venons de rappeler sont cependant fort rares.

1. Grand barrage établi sur la vallée de l'Habra, parcourue par la voie ferrée, et qui retenait plus de trente millions de mètres cubes d'eau.

CHAPITRE V

RÉSULTATS FINANCIERS

I. **Les économies réalisées par la voie de $1^m,10$.** — Nous avons vu, pages 322 et suivantes, que l'État concède la construction et l'exploitation des chemins de fer algériens à des Compagnies auxquelles il garantit :

1° L'intérêt du capital de construction à un taux déterminé et qui a varié de 6 à 4, 85 pour 100 ;

2° Les frais d'exploitation calculés suivant un barème, qui a varié, comme nous l'avons indiqué, selon les lignes.

Tant que le montant de ces deux garanties cumulées n'est pas atteint par la recette, l'État doit, chaque année, payer la différence. A la vérité, les Compagnies doivent rembourser ces avances à l'État, *dans l'avenir* (!), lorsque la recette permettra de réaliser des bénéfices suffisants. Mais ce n'est guère là, pour l'État, qu'une fiche de consolation toute platonique, en Algerie ; puisque c'est à grand'peine si l'on pourra arriver à ce remboursement sur les grands réseaux français, où le trafic est cependant tout différent.

Pour obtenir l'ensemble des résultats financiers fournis, soit par la voie de $1^m,45$, soit par la voie de $1^m,10$, il suffira, dans l'un et l'autre cas, de cumuler les charges de la construction et celles de l'exploitation, et d'en comparer le total à la recette correspondante.

La comparaison des pertes et bénéfices fournis par les deux voies, pour une même recette, donnera la mesure exacte des avantages financiers de la voie étroite.

Afin de rendre l'appréciation aussi facile que possible, nous avons calculé, tant pour la voie de $1^m,45$ que pour celle de $1^m,10$, tous les résultats correspondants aux diverses recettes brutes, variant de 5,000 à 21,000 francs par kilomètre, et nous les avons groupés dans le tableau comparatif ci-après (voir le tableau n° 1 à la fin du mémoire).

La colonne 1 contient les différences kilométriques variant de 5,000 à 21,000 francs.

Les colonnes 2 à 6 sont relatives à la voie large :

La colonne 2 donne le montant des intérêts annuels et kilométriques garantis par l'État, sur les dépenses de la construction. Nous avons vu (tableau de la page 323) qu'établi à voie large, le réseau algérien de 6,000 kilomètres ressortirait, en moyenne, à 196,250 francs par kilomètre. D'autre part, on a pu voir (page 305 et suivantes) que l'État avait garanti les intérêts de ce capital à un taux variant de 6 pour 100 à 4,85 pour 100. Pour rester dans les limites les plus faibles, nous avons adapté, à tout l'ensemble des dépenses, le taux le plus bas de 4,85 pour 100. En conséquence, ce sont les intérêts de 196,250 francs calculés à 4,85 pour 100, soit 9,520 francs, que nous avons porté dans la colonne 2 ;

La colonne 3 contient les frais d'exploitation, garantis pour la voie large, tels qu'ils ressortent du tableau de la page 341 (colonne 2) ;

Les charges totales garanties par kilomètre, portées dans la colonne 4, sont naturellement le total des sommes correspondantes des colonnes 2 et 3 ;

Enfin, la différence de la charge totale (colonne 4), avec la recette kilométrique (colonne 1), donne la perte (colonne 5) ou le bénéfice (colonne 6).

Nous avons procédé identiquement de la même façon pour obtenir les résultats portés dans les colonnes 7, 8, 9, 10 et 11, relatives à la voie de 1m,10.

Et maintenant, pour passer de ces données kilométriques aux résultats d'ensemble sur un réseau de 6,000 kilomètres, il suffit de multiplier par 6,000 les pertes et bénéfices kilométriques, soit de la voie large, soit de la voie étroite. Enfin, la comparaison des sommes ainsi portées dans les colonnes 12, 13 14 et 15, nous donne les *économies annuelles réalisées par la voie de* 1m,10 (*contenues dans la colonne* 16), correspondant à chacune des recettes kilométriques de 5,000 à 21,000 francs inscrites dans la colonne 1.

Le tableau n° 1, à la fin du mémoire, nous montre, en ce qui concerne la *voie large* que :

1° Pour les faibles recettes de 5,000, 6,000 ou 7,000 francs, les *pertes kilométriques* (colonne 5), c'est-à-dire les insuffisances que

l'État paye par an et par kilomètre, varient entre les chiffres énormes de 10,000 à 12,000 francs, ce qui porte à 60 et 72 millions (colonne 12), l'annuité à payer par le Trésor pour un réseau de 6,000 kilomètres;

2° Pour une recette kilométrique de 9,000 francs (celle du réseau algérien en 1880 voir tableau, page 304), la perte par kilomètre est de 8,100 francs, ce qui porte à 48 millions l'annuité à verser par le Trésor;

3° Pour une recette moyenne de 12,000 francs, les insuffisances seraient de 33 millions à payer chaque année;

4° Pour une recette moyenne de 15,000 francs, l'annuité à verser par le Trésor serait encore d'environ 19 millions;

5° Pour une recette moyenne, sur tout l'ensemble du réseau, atteignant 18,000 francs, c'est-à-dire le double de la recette du réseau algérien en 1880, et le double aussi de la recette du réseau des chemins de fer de l'État, en France (voir page 305), le Trésor aura encore à payer annuellement 8 millions d'insuffisance;

6° Ce n'est, enfin, que lorsque la recette dépassera 20,000 francs par kilomètre sur tout l'ensemble, que l'État n'aura plus à payer; mais il ne pourra certes pas espérer grand remboursement avant que la recette atteigne au moins 25,000 francs à 30,000 francs de moyenne générale.

Ainsi, le réseau à voie large, tel qu'on le poursuit actuellement[1], devrait absolument fournir, à bref délai, une recette moyenne de 20,000 francs sur tout l'ensemble, sous peine d'être une charge vraiment effrayante.

On peut voir sur le tableau, pour chaque recette, combien sont importantes les économies réalisées par la voie étroite, sans qu'il soit utile d'insister davantage.

En résumé, les pertes énormes de la voie de $1^m,45$ ne prennent fin que lorsque la recette dépasse 20,000 francs, et la grande ligne d'Alger à Oran ne fait pas 13,000 francs par kilomètre (voir page 304), tandis

1. La charge actuelle de l'État pour les lignes déjà concédées, sont bien plus lourdes, toutes proportions gardées, puisque nous n'avons calculé la garantie du capital qu'à 4 fr. 85 c., tandis que plusieurs lignes ont une garantie de 6 pour 100.

que celles de la voie de 1m,10, beaucoup moindres dès les premières années, s'éteignent avec une recette de 14,000 francs; et, sur un réseau de 6,000 kilomètres, la voie de 1m,10 économise à l'État une *annuité*, supérieure à 27 millions pour toute recette inférieure à 8,500 francs, économie annuelle qui ne s'abaisse jamais au-dessous de 21 à 22 millions, quel que soit le chiffre de la recette, même pour les plus gros trafics; — et nous avons vu (*observation importante*, p. 341) que dans bien des cas la voie étroite permettra de réaliser, sur la voie large, des économies bien autrement importantes encore.

II. **L'abaissement des tarifs et l'augmentation de la vitesse.** — 1° *Tarifs.* — Nous venons de voir que les recettes équilibrent les charges totales garanties, lorsqu'elles atteignent pour l'ensemble du réseau une moyenne kilométrique de :

1° 14,500 francs sur la voie de 1m,10;
2° 20,000 francs sur la voie de 1m,45.

La voie étroite permet donc, sans léser aucun intérêt ni rompre l'équilibre financier du réseau, c'est-à-dire sans compromettre son extension graduelle, de donner à l'Algérie tous les avantages que procure un abaissement sérieux des tarifs, lorsque la recette atteindra 14,500 francs par kilomètre; tandis que la voie de 1m,45 ne permettra de le faire, dans les mêmes conditions, que lorsque la recette moyenne dépassera 20,000 francs.

Si l'on se rappelle maintenant (voir page 304), d'une part, qu'en 1880, la recette moyenne du réseau n'atteignait que 9,400 francs; et si, d'autre part, on se reporte à l'examen du trafic probable contenu pages 362 et suivantes, on sera frappé de l'immense supériorité d'un réseau à voie étroite, pour favoriser le développement de notre grande colonie.

2° *Vitesse des trains.* — Nous avons vu précédemment, d'une part, page 304, que la vitesse moyenne des trains (arrêts compris), ne dépassait pas, sur le réseau algérien à voie large de 1m,45, 23k,8 à l'heure en 1880, et que le train marchant le plus vite (ligne d'Alger à Oran), ne dépassait pas 30 kilomètres à l'heure; d'autre part, pages 324 et suivantes, que la voie de 1m,10 pouvait, tout aussi bien que la voie de 1m,45, fournir une vitesse de 35 à 40 kilomètres; mais que la diffé-

rence entre la vitesse possible et la vitesse pratique, est impérieusement commandée par les exigences du côté commercial et financier de la question.

Or, toutes les dépenses d'un réseau à voie de 1^{m},10 étant couvertes par une recette kilométrique moyenne de 14,500 francs, du jour où ce produit sera atteint, on pourra faire des trains spéciaux pour les voyageurs, trains directs même pour les grandes distances, qui pourront se rapprocher de plus en plus et suivant les lignes de la vitesse possible de 35 à 40 kilomètres. Tandis qu'on ne pourrait le faire, avec la voie de 1^{m},45 avant d'avoir atteint la recette moyenne de 20,000 francs par kilomètre, qui semble plus que problématique comme moyenne générale sur tout l'ensemble du réseau, ainsi que nous allons le voir ci-après dans l'examen du trafic probable, pages 362 et suivantes.

TROISIÈME PARTIE

PROGRAMME RATIONNEL DU RÉSEAU ALGÉRIEN

L'examen attentif des besoins réels de l'Algérie et l'étude de ses voies ferrées, nous a démontré que la colonie doit être dotée, le plus rapidement possible, d'un *premier réseau de* 6,000 *kilomètres;* mais qu'il est inutile de donner à cet outillage la puissance énorme de la voie de 1^{m},45, la voie de 1^{m},10 offrant tous les avantages que l'Algérie peut attendre de moyens de transports rapides.

Les résultats financiers fournis par l'une ou par l'autre de ces deux voies, sont du reste bien différents (voir tableau n° 1, à la fin du mémoire), puisque cette différence se chiffre par une annuité perpétuelle de 22 millions au *minimum*, annuité qui est bien plus forte encore pendant les années de faible trafic.

Avec la voie de 1^{m},45, l'État doit chaque année verser un nombre de millions considérables, comme conséquence de la garantie; et, ainsi que nous l'avons vu précédemment, ces versements ne peuvent s'arrêter avec la voie large, avant que la *recette moyenne de tout l'ensemble du réseau dépasse* 20,000 *francs par kilomètre.* Tandis que sur la voie de 1^{m},10, une recette de 15,000 francs assure déjà un excédent de deux millions et demi sur la totalité des charges garanties.

Le montant des insuffisances à verser chaque année par l'État, comme conséquence de la garantie d'intérêt sera, du reste, d'autant plus considérable que le chiffre de la recette sera moins élevé. Il serait donc capital de pouvoir évaluer la recette du réseau algérien.

I. **Le trafic probable moyen de l'ensemble du réseau algérien.** — Dans un pays peuplé comme la France, il est toujours

possible d'évaluer avec une assez grande approximation, la recette probable d'une ligne nouvelle, par la *Méthode expérimentale* de M. L. Michel. C'est une question fort importante, que nous avons traitée en détails dans une brochure publiée en mai 1874 (librairie Chaix, Paris).

Mais dans une colonie, dans un pays neuf comme l'Algérie, il est absolument impossible de compter qu'aucune méthode de calcul puisse donner la recette de voies ferrées sillonnant des régions, où il n'existe encore ni habitants ni terres défrichées.

Toutefois, en l'absence de moyens de calculs, nous pouvons du moins éviter de nous égarer en appréciations fantaisistes, par la recherche et l'examen des résultats obtenus sur divers réseaux d'importance secondaire, en exploitation depuis de longues années.

Les statistiques officielles nous fournissent, en effet, les données suivantes, *pour l'année* 1880 :

1° *Réseau français.*	Longueurs exploitées.	Recettes kilométriques.
a. Nouveau réseau des six grandes Compagnies	10,095 kilom.	22,634 fr.
b. Compagnies secondaires d'intérêt général, Nord-Est, Dombes, Sud-Est, Médoc, etc.	834 —	17,041 —
c. Réseau de l'État	1,953 —	9,499 —
d. Chemins de fer d'intérêt local, dont la majeure partie dans les plus riches départements du Nord, dans l'Eure, dans l'Hérault, etc	2,118 —	7,496 —

2° *Réseaux étrangers :*	Longueurs exploitées.	Recettes kilométriques.
f. Danemark	1,557 kilom.	9,160 fr.
g. Suède	4,590 —	9,000 —
h. Norwège	813 —	7,536 —

Connaissant ces résultats généraux et sachant que les 1,140 kilomètres exploités en Algérie, comprenant les meilleures lignes, telles que Bone à Guelma, Philippeville à Constantine, Alger à Oran, Bel-Abbès à Oran, fournissaient en 1880 (voir tableau page 304), une recette moyenne de 9,401 francs, sur quelle recette moyenne est-il permis de

compter *pour tout l'ensemble* du réseau algérien de 6,000 kilomètres ?

Il convient ici de bien se pénétrer de la valeur que pourront avoir les différentes lignes entrant dans la composition de ce réseau. — 6,000 kilomètres pour l'Algérie ; c'est une moyenne de 2,000 kilomètres par province ; et, pour bien fixer les idées, nous avons donné, page 301, la désignation détaillée des différentes lignes qui, sauf modifications ou variantes, composeront vraisemblablement les 2,072 kilomètres revenant à la province d'Oran. Mettons-les de nouveau sous les yeux, afin qu'on s'y arrête un peu :

1° *Lignes en exploitation.*

D'Oran au Merdja (ligne d'Oran à Alger) . . .	178k	582 kilom.
Du Tlélat à Bel-Abbès	52k	
D'Arzew à Saïda et à Mecheria (voie étroite de 1m,10)	352k	

2° *Ligne en construction.*

De Bel-Abbès à Ras-el-Mâ.		100 —

3° *Lignes en projet* [1].

D'Oran à Temouchent et Tlemcen.	135k	
De Tlemcen à Mag'hrnia et Oudjda.	75k	
De Mostaganem à Tiaret	175k	
D'Oran et Arzew à Mostaganem	70k	
De Bel-Abbès à Mascara et Fortassa.	150k	
De Bel-Abbès à Tlemcen	85k	
De Mecheria à Aïn-Sefra	100k	
Du Kreider à Géryville.	100k	
De Rachegoun et Beni-Saf à Tlemcen et à Sebdou.	105k	
De Sebdou à El-Aricha	45k	
De Tiaret à Frendah et Saïda	175k	
De Saïda à Daya et à Sebdou	175k	
Longueur ensemble.		2,072 kilom.

Nous pensons que ces lignes, extrêmement différentes entre elles,

1. Ces lignes ne sont indiquées que d'une manière générale, pour bien fixer les idées et les longueurs portées ne sont qu'approximatives.

peuvent être classées au point de vue du trafic probable en quatre catégories ayant à peu près le même développement ; et que, le trafic de tout l'ensemble du réseau ayant atteint son complet développement, on peut évaluer pour chacun de ces groupes, et selon la progression du développement de la colonie, les recettes brutes kilométriques aux chiffres indiquées ci-après :

	Longueurs kilométriques.	Recettes brutes kilométriques.
1er groupe.	1,500 kilom.	de 20,000 à 24,000 fr.
2e —	1,500 —	de 15,000 à 18,000 »
3e —	1,500 —	de 10,000 à 12,000 »
4e —	1,500 —	de 5,000 à 6,000 »
Totaux et moyennes.	6,000 kilom.	de 12,500 à 15,000 fr.

D'après cela, la *recette moyenne du premier réseau de* 6,000 *kilomètres*, composé comme nous venons de le voir, pour la province d'Oran, serait donc, dans un avenir qui dépend surtout de la rapidité du développement de la colonisation, de 12,500 à 15,000 francs.

Mais, dira-t-on, la recette d'un chemin de fer augmente constamment, même après avoir atteint son développement normal. C'est parfaitement exact pour une ligne déterminée ; mais malheureusement cela ne peut être vrai pour l'ensemble d'un réseau, qu'à la condition d'en arrêter complètement l'extension. Or, un réseau n'est jamais terminé; il doit, comme la fortune publique et la richesse d'un pays, dont il est le facteur le plus actif, se développer constamment. Aujourd'hui les 1,200 kilomètres en exploitation ne produisent que 9,000 francs de recette moyenne ; et cependant, on reconnaît qu'il faut à tout prix porter ce réseau à 6,000 kilomètres, par l'adjonction de lignes qui produiront certainement moins que les premières. Il est de même parfaitement certain qu'avant que ces 6,000 kilomètres produisent 12,000 francs de moyenne générale, et même avant qu'ils en produisent 9,000, comme le réseau actuel, de nouveaux intérêts réclameront une nouvelle extension du réseau : c'est la loi générale du progrès[1]. — Certes, loin de redouter cette situation, nous devons l'appeler de tous nos vœux ; car c'est le seul moyen de développer progressivement toutes les richesses d'un pays. — Mais il faut aussi en

1. Cette extension nouvelle sera la mission qu'aura à remplir le deuxième réseau ou réseau agricole qui, comme nous l'avons dit dans l'introduction, page 296, devra vraisemblablement être établi à voie étroite de $0^{m},75$.

mesurer les conséquences sur la recette générale et reconnaître, qu'en ouvrant ainsi des lignes de plus en plus pauvres, elles absorberont l'accroissement de trafic des lignes anciennes et empêcheront constamment la moyenne d'ensemble de s'élever, à moins qu'on ait recours au moyen héroïque, mais fatal à un pays, d'arrêter toute extension du réseau.

Et cela est si vrai, *qu'en France*, lorsqu'en 1859, l'État pressé par des nécessités économiques semblables à celles qui se révèlent aujourd'hui en Algérie, voulut donner au réseau national une grande extension, il dut avoir recours à la *combinaison du double réseau*, et ménager aux anciennes lignes un *revenu réservé*, *minimum*, afin d'empêcher les nouvelles lignes d'appauvrir les anciennes au delà d'une certaine limite. Cette combinaison n'était que trop nécessaire, puisqu'en 1878, lorsque l'État reconnut de nouveau la nécessité d'étendre de plus en plus et dans de grandes proportions le réseau français, les grandes Compagnies étaient encore très obérées par l'insuffisance des lignes secondaires, insuffisances pour lesquelles le Trésor versait 46,870,343 francs, en 1879. Aussi l'État prit-il le parti de construire lui-même les nouvelles lignes, en *payant ainsi désormais la totalité des dépenses de construction*.

Il ne faut donc point se bercer de trop belles espérances sur le développement futur de la recette moyenne de l'ensemble du réseau. Il faut même craindre qu'aux prises avec une situation financière trop onéreuse, l'administration, pour alléger ses charges, ne prenne à certain moment la résolution, soit de modérer l'extension du réseau, soit même de l'arrêter momentanément, afin de donner à la recette moyenne le temps de s'élever avant d'entreprendre de nouvelles lignes, éventualité qu'il faut conjurer à tout prix.

II. **Les résultats économiques de la voie étroite de $1^{m},10$.** — Il est évident, dans tous les cas, que, pour avoir le droit et les moyens d'obtenir le réseau le plus complet possible, il importe au plus haut degré de ne point s'embarquer dans un programme démesurément onéreux ; car la logique des chiffres, des chiffres-argent surtout, est implacable, et l'entraînement du premier moment, suivi de conséquences financières écrasantes, pourrait provoquer, soit dans le gouvernement de la métropole, soit même dans le public, un désen-

chantement suivi d'une réaction fatale à la prospérité de notre grande colonie.

Or, nous nous y sommes suffisamment appesanti, — et, du reste, le tableau n° 1 des résultats financiers (voir à la fin du mémoire) le montre clairement, — avec une recette moyenne de 12,000 à 13,000 francs, le Trésor devrait payer, *chaque année*, de 33 *à* 20 *millions d'insuffisance*, et ce, pour un réseau de 6,000 kilomètres, si l'on continuait à l'établir avec la voie de $1^m,45$. Ne craindrait-on pas qu'une administration soucieuse de ménager les deniers publics, n'arrêtât un pareil programme avant d'avoir à inscrire régulièrement *chaque année* au budget des chemins de fer algériens un *déficit de* 30 *millions?*

Et, notons-le bien, je dis 30 millions, en admettant une recette de 12,000 à 13,000 francs. Mais aujourd'hui la recette n'est que de 9,000 à 10,000 francs et, dans ces conditions, ce serait 45 *millions* qu'il faudrait verser *annuellement*.

Il n'y a donc pas de doute possible, il faut, comme l'Angleterre le fait dans ses colonies, comme la Norwège et comme le Brésil, appliquer résolument la voie étroite en Algérie. Et certainement que, pour le réseau purement agricole, on devra recourir à une solution plus économique encore que la voie de $1^m,10$, et se contenter de la voie de $0^m,75$[1], bien suffisante pour les intérêts secondaires de la colonie.

Il est vrai que le réseau algérien, qui a déjà reçu un commencement d'exécution à voie large, devra désormais, pour avoir le bénéfice de la voie étroite, accepter le *transbordement* sur un assez grand nombre de points. Mais il semble que tous les pays ont fait depuis longtemps bon marché de cette objection tombée dans la *banalité*.

III. **Ce que valent les objections du transbordement.** — Cette objection du transbordement est assurément beaucoup plus apparente que réelle, dans la pratique ; aussi, en Suède et Norwège emploie-t-on concurremment la voie large et la voie étroite, sans se préoccuper autrement du transbordement que pour le rendre très facile.

Nous avons vu aussi, pages 313 et 314, qu'au Brésil (réseau dirigé en

1. M. A. Faliès, ancien ingénieur des chemins de fer de l'Ouest, et directeur du chemin de fer de Mamers à Saint-Calais, partisan aussi convaincu qu'éclairé de la voie de $0^m,75$, a publié sur cette voie de très remarquables travaux, auxquels nous renvoyons le lecteur.

grande partie par des ingénieurs anglais), après une expérience faite sur un réseau de 7,000 kilomètres, composé de voies de dix largeurs différentes, variant de 0m,76 à 1m,68, on a définitivement adopté la généralisation de la voie étroite de 1m,00, tout en prolongeant la ligne de 1m,60, ce qui organise absolument le transbordement dont on avait fait une expérience si complète.

Remarquons tout d'abord, qu'en Algérie, le transbordement ne peut avoir aucun des inconvénients de principe qu'on pourrait lui reprocher, sur les lignes de *grand transit international*, comme du Havre à Marseille, ou sur les artères de *grandes concentrations d'armées européennes*, comme de Paris à Nancy ou de Toulouse à Belfort.

On ne saurait donc avoir à répondre ici qu'aux deux objections suivantes :

1° Utilisation de *troncs communs*, avec la voie de 1m,45 ;

2° *Transbordement obligatoire*, aux gares d'embranchement avec la voie large.

I. **Troncs communs.** — L'idée de raccorder un tracé nouveau sur une voie déjà ouverte, entre deux gares, pour utiliser un tronc commun et diminuer ainsi quelque peu la longueur à construire, est une idée, à coup sûr, séduisante. Elle a eu, en effet, un moment de faveur ; mais elle a été aussi vite abandonnée. Toutes les personnes versées dans la pratique des chemins de fer savent, qu'aujourd'hui, l'utilisation des troncs communs entre deux stations, sauf quelques cas exceptionnels, est absolument écartée, non seulement entre deux Compagnies différentes employant la même voie, mais encore par une même Compagnie sur ses propres lignes, à cause des dangers pour la sécurité et des sujétions de toutes tortes qu'entraînent ces bifurcations en pleine voie. C'est ainsi que, *pour éviter tout tronc commun*, (malgré l'emploi de la même voie) :

1° La ligne de Mamers à Saint-Calais a construit une voie parallèle à la ligne de Paris à Rennes, entre Connerré et Beillé ;

2° La ligne d'Orléans à Rouen a construit, pour entrer à Chartres (gare commune), une voie spéciale parallèlement à la ligne du Mans à Chartres ;

3° La ligne d'Orléans à Châlons a établi une voie spéciale des Aubrais à Orléans, — de Preize à Troyes, — et de Coolus à Châlons ;

4° Enfin, et ce dernier exemple à lui seul est concluant, la grande Compagnie des chemins de fer du Nord, par exemple, évite, par tous les moyens sur son réseau et pour ses propres lignes et embranchements, tout tronc commun, toute bifurcation, toute traversée à niveau, en pleine voie ; et, pour y arriver, elle ne craint pas de s'imposer elle-même l'obligation de construire tous les raccordements et embranchements spéciaux, partant de la gare même et pour chacune des lignes y aboutissant.

D'une manière générale, l'emploi du tronc commun entre deux stations est donc condamné par la pratique et abandonné.

Reste cependant quelques cas spéciaux, où le recours à cette solution permet d'éviter des dépenses très considérables, tels que : l'usage commun d'un grand viaduc ou d'un tunnel à l'entrée de la station d'embranchement, ou encore la traversée d'une portion de ville. Mais, dans ces cas spéciaux et rares, où il y a une réelle utilité à employer la même ligne, la voie étroite pourra toujours emprunter la voie large, avec la plus grande facilité ; il suffira, pour cela, de poser un troisième rail à l'écartement de la voie étroite, sur le passage obligé.

Ainsi donc, on évite désormais, autant que possible, l'emploi des bifurcations en pleine voie ; mais lorsqu'on tiendra à utiliser un tronc commun, la voie étroite s'y prêtera très facilement. Cette première objection se trouve ainsi tout naturellement écartée.

II. **Transbordement obligatoire.** — Reste une seule objection : le transbordement obligatoire. Examinons cette question de près, afin d'en mesurer exactement l'importance. Il importe tout d'abord de bien se rendre compte de ce qui se passe à chaque embranchement sur les voies de même écartement. Les gens du métier savent parfaitement que les exigences d'une bonne exploitation commerciale obligent les compagnies (et l'État comme les Compagnies) à *organiser*, à chaque embranchement, le *transbordement volontaire*. Mais examinons chaque genre de trafic en détails.

1° *Grande vitesse.* — Chacun sait que toute la grande vitesse (voyageurs, bagages, messageries, etc.) subit le transbordement aux embranchements, que les deux lignes aient ou qu'elles n'aient pas la même largeur de voie.

Voilà donc toute une partie du trafic qui ne subira aucune obligation nouvelle par l'emploi de la voie étroite.

2° *Petite vitesse.* — Les wagons arrivent à la gare de bifurcation très diversement chargés :

a) Les uns ont un chargement complet pour une même destination, c'est l'exception ;

b) D'autres sont complètement chargés de marchandises, toutes pour la ligne d'embranchement, mais en destination de gares différentes ;

c) Enfin, le plus grand nombre des véhicules sont incomplètement chargés.

Or, l'obligation d'utiliser le matériel aussi complètement que possible et de diminuer le poids mort dans les trains (charge si onéreuse comme nous l'avons vu page 330), force toutes les voies ferrées, malgré l'uniformité de la voie et l'unité de direction d'exploitation, de réglementer le transbordement de toutes les marchandises qui se trouvent dans les deux derniers cas.

Ainsi, *même sur les embranchements d'une même Compagnie, grande et petite vitesse, tout est transbordé par nécessité absolue d'exploitation commerciale, sauf une seule catégorie : les wagons complets pour une même destination.*

Pour bien fixer les idées à cet égard, nous ne saurions mieux faire que de citer les résultats d'une expérience à laquelle il nous a été donné de participer nous-même :

La ligne de Mamers à Saint-Calais (Sarthe), construite de 1867 à 1872, a été établie pour relier au chemin de fer de Paris au Mans, à la gare de Connerré, les deux sous-préfectures de Mamers et de Saint-Calais. Tout avait été prévu, étudié dans la construction et l'exploitation de cette ligne, pour éviter le transbordement à Connerré : 1° la voie avait le même écartement, et donnait accès au même matériel ; 2° la gare d'embranchement était commune et dirigée par un chef de gare unique ; 3° enfin, les deux compagnies avaient fait un traité d'échange de matériel. — Eh bien ! malgré toutes ces conditions, en apparence si avantageuses et qui, du reste, avaient énormément augmenté le prix d'établissement de la ligne, voici les résultats fournis par l'exploitation en 1874 :

1° Grande vitesse. — Transbordée en totalité ;

2° Petite vitesse. — 3/7 transbordé. — 4/7 non transbordé ;

Or, les 4/7 de la petite vitesse représentaient 1/4 du trafic.

Ainsi donc, toutes les dépenses qu'on avait faites et toutes les mesures qu'on avait prises n'ont pu aboutir à éviter le transbordement que pour *un quart du trafic seulement.*

Maintenant qu'on est bien fixé sur la proportion réelle du trafic auquel l'emploi de la voie étroite imposerait le transbordement, examinons ce qu'il coûte.

3° *Dépense.* — Le triage des wagons, leur manœuvre, le pesage, l'enregistrement, la confection des lettres de réexpédition, la reconnaissance des marchandises, etc...., sont des sujétions communes à tous les embranchements, quelle que soit la largeur de la voie. La seule charge particulière au transbordement consiste donc dans les dépenses matérielles du passage d'une tonne d'un wagon dans un autre; c'est à cela que se réduit la dépense du transbordement proprement dit.

Tout d'abord, on sait que les Compagnies de chemin de fer assurent aux expéditeurs le chargement de leurs marchandises, moyennant un prix de 0 fr. 40 par tonne. Le prix du transport à 1 kilomètre environ d'une tonne de marchandise, sur une route de terre, est donc le maximum de la dépense du transbordement; mais le prix de revient peut être beaucoup moindre.

Dans les gares bien outillées, où l'usage de la grue est de règle, le transbordement coûte environ, par tonne et pour de grandes quantités, savoir :

a) — de 0 fr. 10 à 0 fr. 12, pour les expéditions en sacs (grains, farines, plâtres, sucres, café), ainsi que pour les marchandises en barriques ou caisses (vins, huiles, esprits, verreries, faïences, poteries, etc.);

b) — De 0 fr. 15 à 0 fr. 20, pour les bois, fers, fontes, pierres, etc....

Voici ce que coûtait, dès l'origine, l'opération *volontaire* du transbordement à la gare de bifurcation, de Saint-Sulpice-Laurière, située à l'intersection des lignes de Châteauroux à Limoges et de Monluçon à Poitiers. On y transbordait en moyenne 20 wagons, soit 120 tonnes par jour ou 45,000 tonnes par an. Le travail était fait par une équipe de cinq hommes, payée 14 francs par jour, soit $\frac{14}{120} = 0^f,11$ à $0^f,12$ par tonne. A ce chiffre il faut ajouter pour les écritures $\frac{6}{120}$ ou $0^f,05$.

Total, 0 fr. 17 par tonne.

A Commentry, le prix du transbordement de la houille s'abaisse à 0 fr. 04, grâce à la simplicité et à la rapidité de la manutention. La voie de la mine longe parallèlement une des voies de la station et se trouve établie à un niveau suffisamment élevé pour que les wagons de houille laissent tomber leur contenu dans le matériel de la grande ligne, au moyen de simples couloirs.

Ce jeu de niveau, si propice au déchargement des marchandises, est actuellement très répandu. On a pu voir, aux portes de Paris, il y a de longues années déjà, sur le chemin de fer d'Enghien à Montmorency, un exemple de ces niveaux différentiels, qui réduisent, dans une proportion considérable, les frais et la durée de transbordement. Les pierres meulières d'une exploitation industrielle, sont convoyées sur une petite voie spéciale jusque dans la gare de Montmorency ; les wagons y pénètrent et s'arrêtent à un niveau supérieur de 2 mètres au rail de la gare, et il suffit d'un simple mouvement de bascule pour jeter les pierres dans les wagons du chemin de fer. Dans ces conditions, le transbordement s'effectue sans frais sensibles.

4° *Aménagements.* — On comprend combien il est important de simplifier le travail des bras, par l'emploi de dispositions ingénieuses et d'appareils mécaniques. Il convient notamment :

1° Que les wagons de la petite voie viennent se juxtaposer à ceux de la grande, au moyen de voies parallèles ;

2° Que les grands et les petits wagons puissent se placer bout à bout, la petite voie pénétrant dans la grande ;

3° Que les deux wagons et, par suite, les deux voies, passent sous des appareils de levage ;

5° Et, pour certaines marchandises spéciales, d'établir des quais de différents niveaux, avec pente, couloirs, etc., suivant le cas.

En résumé, après une analyse sérieuse de la question, au point de vue pratique, on voit que l'emploi des voies de largeur différente, en vigueur dans un grand nombre de pays depuis de longues années, change beaucoup moins le fonctionnement des embranchements qu'on se le figure assez volontiers. *Les transbordements n'y sont augmentés que d'un quart, et ils peuvent être rendus aussi simples, aussi rapides et aussi économiques qu'on le veut : tout dépend de l'aménagement de la gare d'embranchement.*

IV. **Programme rationnel du réseau stratégique.** — Nous avons vu précédemment que les voies ferrées les plus indispensables au développement de la colonisation, sont celles qui s'enfoncent perpendiculairement à la côte, dans l'intérieur du pays, pour relier chaque région, chaque centre, au port d'embarquement le plus voisin. Ces *lignes de pénétration* seront naturellement reliées entre elles par une ou plusieurs *lignes transversales* parallèles au rivage, lignes indispensables assurément, mais qui, au point de vue du trafic, ne seront jamais que très secondaires.

Sur les 6,000 kilomètres dont nous avons parlé, environ 3,500 sont déjà classés ou décidés; mais le mode d'établissement n'est encore engagé que pour environ 2,000 kilomètres, dont 1,600 à voie de 1m,45 (en exploitation ou concédés) et 400 à voie de 1m.10.

Sur les 1,600 kilomètres à voie large, la ligne d'Oran à la frontière tunisienne entre pour environ 1,100 kilomètres, dont 850 en exploitation et 250 à construire.

Ligne transversale de la Tunisie au Maroc. — Il est de toute évidence qu'une voie ferrée transversale doit être établie sur toute la longueur qui sépare Tunis de Fès, en passant à travers l'Algérie, par Guelma, Sétif, Alger, Orléansville, Oran et Tlemcen. La distance de Tunis à Fès est d'environ 1,850 kilomètres, dont 200 en Tunisie, 1,300 en Algérie et 350 au Maroc[1]. Cette ligne de Tunisie à Fès est certainement de tout premier ordre, au point de vue politique et administratif; mais son trafic n'aura qu'une importance fort secondaire, ainsi que nous l'avons déjà expliqué.

D'*Oran à Tunis*, 1,300 kilomètres. — D'Oran à Tunis, par Alger, Sétif, Souk-Ahras et la Medjerda, la distance est d'environ 1,300 kilomètres, dont 1,100 sur l'Algérie et 200 en Tunisie (en chiffres ronds).

Sur ces 1,300 kilomètres, environ 1,000 sont établis et ouverts à l'exploitation, à voie large de 1m,45; les 300 kilomètres environ qui restent à établir entre Ménerville et Sétif, d'une part, et entre Souk-Ahras et Ghardimaou (Tunisie) d'autre part, sont concédés et même, pour partie, en cours d'exécution, avec la même largeur de 1m,45.

Nous avons vu que la ligne d'Alger à Oran, la première établie et la

1. En chiffres ronds.

plus importante section de cette voie transversale, ne produit que 12,000 à 13,000 francs de recettes, et nous pouvons être certains que, même après dix ans d'exploitation et plus, la ligne d'Alger à Tunis (environ 880 kilomètres parallèles à la mer et entre deux pays qui ne font pas d'échanges) aura moins de trafic encore. On voit donc quelle lourde charge sera pour le Trésor une pareille voie, qui coûtera certainement de 400 à 500 mille francs par kilomètre sur une grande partie de son parcours !

Certes, il est profondément regrettable que cette ligne ne soit pas *terminée depuis longtemps;* mais, avec la voie de $1^m,00$ ou $1^m,10$, qui assurerait exactement les mêmes services que la voie si coûteuse que l'on a entreprise et qui est encore loin d'être achevée : *Avoir plus tôt eût été une richesse énorme pour l'Algérie, et dépenser moins un allègement considérable pour l'Etat,* qui aurait pu reporter ces capitaux sur d'autres lignes condamnées à attendre. Toutefois, au point où en est la question, il est évident qu'il faut terminer au plus vite, et à voie large, les 1,300 kilomètres d'Oran à Tunis par Alger, Sétif et Souk-Ahras.

D'Oran à Fès (*Maroc*), 550 kilomètres. — Pas un seul kilomètre de cette ligne n'est construit; la question de largeur de voie n'est donc pas encore définitivement engagée. Sa longueur sera de 550 kilomètres, dont environ 200 en Algérie et 350 sur le territoire marocain.

Tout ce que nous avons dit de la ligne d'Oran-Alger-Tunis est plus frappant encore pour la ligne d'Oran-Tlemcen-Fès.

On a beaucoup discuté sur l'établissement de la ligne directe d'Oran à Tlemcen, par Temouchent et Pont-de-l'Isser, dont l'établissement, à travers des coteaux de glaises, réserve toutes sortes de surprises dans le genre de celles que nous avons signalées page 353. Ces difficultés sont incontestables, et elles sont vraiment grosses d'imprévu pour l'avenir. Les partisans de cette voie nient tout danger, et leurs adversaires, en les faisant toucher du doigt, proposent de renoncer à cette direction.

Pour nous, il est aussi incontestable que les difficultés existent, qu'il est évident qu'elles n'empêcheront point la ligne d'être faite, les intérêts économiques du pays imposant cette solution dans un avenir quelconque. Cette discussion passionnée a pourtant eu un résultat, celui de faire ajourner sans cesse, et au grand détriment de Tlemcen

et de tout le pays, une solution nécessaire, mais que chacun sait grosse d'imprévu et dont personne n'ose endosser la responsabilité.

N'est-ce pas le cas ou jamais, de concilier tous les intérêts et tout le monde, en établissant à voie étroite et sans plus de retard, cette ligne d'Oran jusqu'à Tlemcen et en la prolongeant, par Maghnia, Oudjda et Taza, jusqu'à Fès. La voie de 1^{m},10, nous l'avons vu, répondra aussi bien que la voie de 1^{m},45 à tous les besoins depuis si longtemps tenus en suspens ; et, tout en étant beaucoup plus économique, elle permettra d'éviter ou de réduire à leur minimum (comme nous l'avons vu chapitre IV. — § 2, page 344) les dangers, à bon droit redoutés pour la voie large.

On ne comprendrait vraiment pas, après l'expérience si onéreuse des 1,300 kilomètres d'Oran à Tunis[1], que l'établissement des 550 nouveaux kilomètres d'Oran à Fès, contre lequel on a, au point de vue de la solidité des travaux, toutes sortes de préventions justifiées, fût encore continué à voie large. Inutile d'ailleurs de s'attarder à démontrer qu'un changement de largeur de voie à Oran, dans la ligne de 1850 kilomètres, de Tunis à Fès, ne saurait avoir aucune importance, s'il y avait du transit direct d'Alger à Fès, le transbordement serait chose insignifiante, comme nous l'avons vu pages 367 et suivantes, Mais quel trafic direct espère-t-on avoir de Tunis ou d'Alger à Fès?

En plus de la ligne générale de Tunis à Fès, le réseau devra comprendre plusieurs *lignes transversales*, reliant entre elles les *lignes de pénétration ;* c'est ainsi que, dans la province d'Oran, par exemple, l'établissement de deux lignes de : 1° Fortassa — Mascara — Bel-Abbès — Tlemcen ; 2° et de Tiaret — Frenda — Saïda — Daya — Sebdou, s'impose. Mais il ne faut pas perdre de vue que ces lignes, indispensables au développement de la colonisation et d'un intérêt militaire considérable, ne pourront jamais avoir que le *trafic agricole* de la partie de ces régions qui sera défrichée ; aucun transit transversal sérieux ne peut être espéré, par quiconque connaît le pays et ses besoins. Il va donc sans dire que ces lignes devront être établies avec la plus stricte économie que puisse permettre la voie étroite elle-même.

1. Comme conséquence de la garantie d'intérêt accordée à ces 1300 kilomètres de voie large très coûteuse, l'État aura à verser, *chaque année*, une somme de 15 à 20 *millions*, *pour cette seule ligne!*

En résumé, cette analyse des faits démontre, croyons-nous, qu'il importe à tous égards de n'établir désormais que des chemins de fer à voie étroite en Algérie. Le premier réseau de 6,000 kilomètres, si utile à sa prospérité, comprendrait donc les 1,600 kilomètres à voie de $1^{m},45$, dont la construction est terminée ou engagée, et 4,400 kilomètres à voie étroite. On aurait ainsi un réseau tout à fait comparable à celui que l'expérience a fait adopter au Brésil, réseau de 7,000 kilomètres, dont 1/5 à voie de $1^{m},60$ et les 4/5 à voie de $1^{m},00$ (qui est, du reste, en grande partie dirigé par les ingénieurs anglais).

V. **Le groupement des lignes en réseaux d'exploitation.** — Ces 6,000 kilomètres de voies ferrées peuvent être assurément groupés, au point de vue de l'exploitation, de bien des manières, offrant au pays les mêmes garanties de bonne gestion. Nous ne nous y arrêterons pas.

Nous ferons remarquer seulement que, pour être en état d'offrir le *maximum d'effet utile*, chaque réseau devra, dans son développement normal, comprendre environ mille kilomètres, distribués sur une région s'étendant du littoral au Sahara.

L'expérience a démontré, en effet, qu'un réseau doit avoir environ 1,000 kilomètres : 1° pour que les frais généraux d'administration atteignent leur maximum d'économie ; — 2° pour qu'il puisse être doté d'un matériel et d'un outillage complet, répondant à tous les besoins imprévus, tout en restant dans les limites d'une sage économie.

De plus, il importe que les lignes militaires de l'extrême sud soient rattachées à un réseau similaire du Tell, tant pour le personnel que pour le matériel :

a) **Personnel.** — Cette exploitation à travers les sables brûlants du désert, est, en effet, extrêmement pénible ; et le personnel chargé d'assurer ce service, doit, comme la troupe qui occupe les postes avancés, être relevé en grande partie tous les six mois. Il est donc indispensable que la même Compagnie ait, dans le Tell et même, s'il est possible, au bord de la mer, un personnel suffisamment nombreux pour lui permettre d'établir un roulement, assurant toujours le service des lignes du Sud ;

b) **Matériel.** — D'autre part, ces lignes militaires n'auront, en général, qu'un trafic extrêmement restreint. — Elles ne devront donc être

pourvues, en temps normal, que d'un faible matériel, sous peine d'être grevées de charges aussi lourdes qu'inutiles ; et cela, d'autant plus que le matériel exposé au sable et au siroco du désert, se détruit très rapidement, même à rien faire. Mais, survienne un mouvement de troupes, il faudra immédiatement quintupler, décupler même le service courant, ce que la ligne militaire sera dans l'impossibilité de faire, si elle est isolée et réduite à ses seules ressources. Au contraire, si elle fait partie d'un réseau de 800 à 1,000 kilomètres de voies étroites semblables, elle pourra, en service normal, restreindre son matériel au strict minimum, sans jamais être prise au dépourvu quelque éventualité qui puisse se produire, assurée qu'elle est du secours immédiat d'un matériel puissant, placé dans les mêmes mains.

VI. **Résumé et conclusion.** — L'avenir de l'Algérie, sa colonisation et son développement en toute sécurité, dépendent presque exclusivement des moyens de transports économiques dont elle sera dotée. Plus son réseau de voies ferrées sera complet, plus il sera exécuté rapidement surtout, et mieux notre grande colonie répondra à l'attente et aux sacrifices de la France.

L'étude qui précède démontre surabondamment, croyons-nous, que *la voie large n'est nullement à sa place en Algérie :* les dépenses énormes qu'elle entraîne sans nécessité, en écrasant le budget, étoufferaient infailliblement l'œuf dans son éclosion.

Le réseau algérien doit être établi à voie étroite; cette solution est la seule, qui puisse permettre de doter notre colonie du réseau complet, absolument indispensable à sa sécurité et à son développement. C'est la *conclusion absolue* de toute l'étude qui précède.

Nous ne voulons point être aussi absolu sur le choix de l'écartement qu'il convient d'adopter pour ces voies étroites. Nous rappellerons seulement les avantages sérieux qu'offrirait, particulièrement en Algérie, la solution suivante :

1° *Réseau stratégique,* à l'écartement moyen de $1^m,10$, le matériel de cette voie se prêtant à une admirable utilisation, pour les transports de la guerre;

2° *Réseau agricole,* à l'écartement plus réduit et très économique de $0^m,75$.

La voie tout à fait économique de $0^m,75$, qui est considérée aujour-

d'hui comme étant la limite inférieure la plus convenable pour les lignes agricoles ouvertes aux services publics, est appelée dans l'avenir à un développement important en Algérie, pour favoriser les exploitations agricoles, minières, etc...

Quant à la voie de $1^m,10$, dont le matériel se prête si avantageusement aux transports militaires, c'est précisément le terme moyen entre la petite voie de $0^m,75$ et la voie large de $1^m,45$: $\frac{0^m,75+1^m,45}{2}=1^m,10$. Cet écartement de $1^m,10$, qui est exactement la moyenne entre la voie de $0^m,75$ et la voie de $1^m,45$, se trouve aussi être précisément l'équivalent de la voie étroite anglaise de $1^m,067$, si répandue dans les colonies.

Ces largeurs de $1^m,10$ et de $0^m,75$ semblent donc convenir tout particulièrement à l'Algérie.

Nous ne voulons point, pourtant, poser de conclusions trop absolues sur ce point de détail. Il ne faut pas perdre de vue, en effet, que le débat actuel, plus général et plus élevé, porte, avant tout, sur le *principe même de l'emploi de la voie étroite* en Algérie, et c'est sur le principe seul qu'il convient aujourd'hui de concentrer toute l'attention.

Du reste, au cours de cette discussion de principe, chacun apportant, sans parti pris, des renseignements précis sur les avantages de telle ou telle largeur de voie étroite, cette grande question se trouvera complètement élucidée.

Nous l'avons dit en commençant, c'est à la demande expresse de l'autorité militaire que nous avons rédigé ce mémoire. Il a été remis aux fonctionnaires supérieurs des départements de la Guerre et des Travaux publics, et transmis par eux à M. le ministre de la Guerre. Et nous pouvons ajouter, que nous avons eu la satisfaction de voir ces idées très chaudement appuyées, par les plus hauts fonctionnaires algériens de ces deux départements ministériels.

TATS FINANCIERS   N° 1.

0 KILOMÈTRES

ies annuelles réalisées par la voie étroite,
ais d'exploitation garantis par l'État.

REC… b… kilom…e.	Résultats comparatifs pour 6,000 kilomètres.				
	Voie de 1m,45.		Voie de 1m,10.		Économies annuelles réalisées par la voie de 1m,10.
	Perte.	Bénéfice.	Perte.	Bénéfice.	
	12	13	14	15	16
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
5	72.600.000	»	45.300.000	»	27.300.000
6	66 600.000	»	39.300.000	»	27.300·000
7	60.600.000	»	33.300.000	»	27.300.000
8	54.600.000	»	27.300.000	»	27.300.000
9	48.600.000	»	23.520.000	»	25.080.000
10	42 600.000	»	19.500.000	»	23.100.000
11	36.600.000	»	15.660.000	»	20.940.000
12	33.000.000	»	11.460.000	»	21.540.000
13	28.650.000	»	6.900.000	»	21.750.000
14	23.940.000	»	1.980.000	»	21.960.000
15	18.870.000	»	»	2.400.000	21.270.000
16	13.440.000	»	»	7.980.000	21.420.000
17	10.710.000	»	»	10.860.000	21.570.000
18	7.980.000	»	»	13.740.000	21.720.000
19	5.250.000	»	»	16.620.000	21.870.000
20	»	480.000	»	21.900.000	21.420.000
21	»	3.360.000	»	24.900.000	21.540.000

Paris. — Imp. E. Capiomont et V. Renault, rue des Poitevins, 6.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'OCTOBRE 1882

Séance du 6 Octobre 1882.

Présidence de M. Brüll, *Vice-Président.*

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 4 août est adopté sous réserve d'une observation de M. Armengaud qui déclare qu'il faut lire : *approuve* au lieu de : *affirme* dans la dépêche dont il a été donné lecture au sujet de la communication de M. Quéruel.

M. le Président fait part à la Société du décès de trois de ses membres, ce sont :

M. Leclanché, élève de l'École centrale, ingénieur à la compagnie des chemins de fer de l'Est; inventeur de la pile qui porte son nom et que tous les membres de la Société connaissent bien.

M. Charles Martin, ingénieur chimiste, a été membre du conseil municipal de Paris il y a quelques années.

M. Benoiste, élève de l'École centrale.

Il est donné communication d'une lettre de M. E. D. Farcot, invitant les membres de la Société à voir fonctionner dans ses ateliers un nouveau type de machine à vapeur à deux cylindres, avec un seul tiroir de distribution et un seul presse étoupe pour la tige des pistons.

M. le Président ne peut qu'engager les membres que la question intéresse à aller visiter les ateliers de M. Farcot, ils y trouveront, en outre, un type de ventilateur très intéressant et qui rend de grands services dans l'industrie.

M. Bergeron donne lecture de la communication de M. Crampton, notre honorable confrère de Londres, sur le creusement du tunnel sous-marin au moyen de ses appareils hydrauliques (Ce travail devant être inséré *in extenso* dans le bulletin, nous n'en donnons ici qu'un résumé succinct).

Au moment où la question du tunnel sous-marin entre la France et l'Angleterre est à l'ordre du jour, nous avons pensé que la description d'un système d'exécution presque entièrement mécanique et automatique pourrait intéresser les membres de notre Société.

Nous n'entrerons dans aucune des considérations relatives soit au tracé, soit à la constitution géologique du détroit, nous supposerons simplement qu'il existe, entre Calais et Douvres, une couche uniforme de craie presque impénétrable à l'eau et assez tendre pour qu'elle puisse être coupée à l'aide des outils ordinaires.

Des expériences faites depuis dix ans nous ont montré qu'on pouvait, dans la craie argileuse, creuser un trou cylindrique de $2^{m},13$ de diamètre, avec un avancement continu de 1 mètre à l'heure. Avec une machine perforatrice ayant le diamètre même du tunnel, soit 11 mètres, l'exécution pourrait se faire en 666 jours, ou 22 mois pour chacune des moitiés de 16 kilomètres environ; les abords pourraient d'ailleurs être exécutés en même temps.

Les déblais à enlever par heure peuvent être évalués à 140 mètres cubes ou 250 tonnes; avec le système ordinaire il faudra par heure 85 wagons de $1^{m3},35$, c'est-à-dire environ 1 wagon par 42 secondes. Ces wagons devraient ensuite être élevés par puits de 135 mètres de profondeur, ce qui reviendrait à l'extraction de 6,000 tonnes par jour; indépendamment du poids des wagons, hommes, outils, approvisionnements, etc.

Quant au revêtement, avec un mur de $0^{m},90$ d'épaisseur, on devra apporter également 40^{m3} de matériaux par heure; on voit donc qu'au simple point de vue des transports, on se trouve en présence d'un travail gigantesque.

Nous nous proposons d'employer un système hydraulique dans lequel l'eau comprimée, après avoir actionné la perforatrice, servira à enlever automatiquement les déblais et, à l'aide de tuyaux, à les transporter jusqu'à la surface du sol et de là à la mer.

L'eau prise à la mer, puis comprimée à l'aide de machines, ou simplement puisée au moyen de siphons et utilisée à la pression acquise par sa chute jusqu'au fond du puits, sera conduite par un tuyau jusqu'à la machine perforatrice; un joint télescopique d'une longueur d'environ 24 mètres permettra de n'avoir qu'un seul arrêt par 24 heures.

Cette perforatrice, actionnée par un moteur hydraulique fonctionnant directement sans engrenages, est composée de 72 disques rotatifs attachés à un bouclier tournant à une vitesse convenable, 10 tours environ par minute. Ces disques, de 30 centimètres chacun, sont disposés de façon à se suivre et à enlever la craie, sur le front de taille, suivant des couronnes concentriques; il est bon de remarquer que le tranchant des disques se

maintient toujours coupant pendant toute la durée du travail. — La force absorbée peut être évaluée à 234 chevaux pour un avancement de 1 mètre par heure.

Les déblais de craie résultant du travail seront ramassés par une série de godets disposés à la circonférence et à l'arrière du bouclier et jetés dans un canal incliné ; ils se trouvent entraînés par l'eau qui a servi à faire marcher la machine et portés dans deux tambours de $2^m,10$ de diamètre, de $0^m,80$ de long, tournant à la vitesse de 20 révolutions par minute. Les débris calcaires sont rapidement dissous et une bouillie plus ou moins épaisse se forme, selon la quantité d'eau qu'y s'y trouve mêlée. Une grille retient les plus gros morceaux et la bouillie descend dans un réservoir d'où elle est aspirée et refoulée par des pompes dans des tuyaux qui la conduisent au fond du puits, puis au jour. Dans le cas d'une inclinaison d'au moins 1/1000 l'écoulement peut se faire naturellement, dans un canal ouvert, par l'effet de la gravité, avec un mélange de 1 volume de craie pour 12 volumes d'eau. La force nécessaire pour réduire en bouillie les débris de la perforatrice serait de 85 chevaux environ.

Pour un écoulement convenable dans les tuyaux dont le diamètre serait de $0^m,55$, la vitesse devrait être d'un peu plus de 1 mètre par seconde, la bouillie étant composée de 1 volume de craie pour 6 volumes d'eau.

Dans ces conditions, le travail nécessaire à la propulsion vers le puits serait de 42 chevaux par kilomètre.

Du fond du puits jusqu'à la surface, la bouillie sera élevée par des pompes mises en mouvement par des machines placées au sommet.

Pour fournir de l'air au petit nombre d'ouvriers employés à la perforatrice, on pourra l'introduire dans l'eau, en quantité suffisante à l'orifice même des puits, et cet air se dégagera ensuite après l'action sur les moteurs hydrauliques. On pourrait d'ailleurs recourir à un tuyau spécial d'aération ; enfin, dans le cas d'emploi de locomotives à air comprimé pour le transport des matériaux du revêtement, l'air qui en sortira sera utilisé pour la ventilation.

Comme conclusion, nous ferons remarquer que les perforatrices ou autres machines servant au creusement du tunnel, à l'enlèvement et à l'élévation des déblais et fonctionnant à l'air comprimé, seraient beaucoup plus coûteuses que celles que nous proposons ; les dépenses seraient trois ou quatre fois plus élevées. Sur un transport total par rails de 4 tonnes, notre système en supprime 3.

Pour compléter les explications qui précèdent, nous ajouterons qu'avec la perforatrice que nous faisons fonctionner sous vos yeux, nous avons, à la vitesse de 133 tours par minute, creusé un trou de $0^m,30$ de diamètre, avec un avancement de $4^m,50$ par heure, sans émousser les disques. En tournant à la main on peut, avec le même appareil, avancer de $1^m,40$ par heure.

M. Richard se demande si, au fur et à mesure de l'avancement des travaux, il ne se produira pas des obstructions ou des ruptures des tuyaux

servant au transport de la bouillie obtenue dans le mélangeur qui vient d'être décrit par M. Crampton. N'y a-t-il pas là quelques causes d'interruption et de chômage à redouter? Quel est d'ailleurs le diamètre de ces tuyaux et restera-t-il le même pendant toute la durée du travail?

M. Crampton ne pense pas que la longueur des tuyaux influe en rien sur le résultat; c'est une question de vitesse à réaliser et son expérience personnelle lui permet d'affirmer que les obstructions ne sont point à craindre. Le diamètre des tuyaux est de $0^m,55$ environ et sera le même dans toute l'étendue du tunnel.

M. le Président croit devoir signaler que le problème du transport des matières solides au moyen de l'eau a reçu déjà de nombreuses et intéressantes solutions. Il rappelle que des mineurs, en Californie, font parcourir ainsi de grandes distances à des montagnes entières de sables aurifères. Les membres de la Société connaissent également bien le travail d'un de nos collègues, M. Lavalley, à Suez, où il a transporté, à ciel ouvert, des quantités considérables de sable.

Enfin, M. Crampton aurait pu citer le travail qui se fait, en Angleterre et dans le Boulonnais sur une matière identique, dans la fabrication du ciment. C'est un mélange d'argile et de chaux, et les deux matières sont délayées dans l'eau et transformées en bouillie ou laitance : c'est le nom qu'on lui donne dans le Boulonnais; tout cela est transporté par des tuyaux dans les séchoirs.

Un membre ajoute que les travaux exécutés par M. Hersent donnent un exemple frappant de ce que l'on peut faire dans cette voie.

M. Bergeron, pour compléter ce qui vient d'être dit, relativement à l'observation de M. Richard, fait remarquer que dans sa communication, M. Crampon a parfaitement indiqué comme moyen le plus simple l'écoulement par un canal ouvert. Une vitesse de $0^m,60$ par seconde est d'ailleurs parfaitement suffisante pour tout entraîner.

M. le Président ajoute que M. Crampton, dans le travail qu'il a présenté aujourd'hui, ne préjuge rien sur le projet adopté, et qui n'est point encore définitif; peut-être y aura-t-il une pente favorable à l'écoulement des matières, c'est probable; alors, M. Crampton se contentera d'adopter l'écoulement à air libre, et toutes les objections tombent d'elles-mêmes. Si la pente n'est pas suffisante, on transportera tout dans des tuyaux fermés. Et, à ce sujet, M. Crampton nous présente le résultat d'expériences qu'il a faites : c'est un mélange plus riche en matières solides que celui qu'il aura à transporter, dans le creusement du tunnel. Pendant plusieurs années, il a fait circuler un mélange de cette nature, dans un tube de 40 millimètres, et l'a transporté à environ 60 mètres, avec une dizaine d'angles droits, ce qui complique encore le travail.

M. Crampton confirme, d'ailleurs, les arguments que nous avons indiqués en parlant de la fabrication du ciment; il dit qu'on fait parcourir à la matière des milles entiers de chemin sans engorger les tuyaux.

M. Pontzen n'est pas inquiet du transport des matières par l'eau, et il cite comme exemple la pompe à sable du capitaine Heads, à Saint-Louis, laquelle a fonctionné à la satisfaction de tous les ingénieurs. Il demande seulement à M. Crampton s'il a prévu les difficultés qui se présenteront dans le fonctionnement de son système, si dans les couches de craie que le tunnel traversera, se rencontrent des matières plus dures, des rognons de silex, par exemple, qu'on trouve en grand nombre sur les côtes de Normandie et d'Angleterre. Il pourra se faire qu'un disque du perforateur se présente en face de la craie, tandis qu'un autre disque aura peut-être devant lui un rognon de silex; l'effort à vaincre ne sera évidemment pas le même; ce seul disque, qui aura à vaincre une résistance plus grande, n'arrêtera-t-il pas, d'une manière générale, l'action des autres disques, qui pourraient avancer plus vite, en raison de la résistance moindre qu'ils rencontrent?

M. Bergeron répond que le projet de M. Crampton est basé sur un fait observé par les géologues, à savoir que ce tunnel est tout entier dans une couche de craie, parfaitement homogène, sans aucune espèce de rognons ni de fissures, dont l'épaisseur est de plus de 30 mètres.

Cette couche a été reconnue entre les deux pays, d'une manière certaine. Si on avait supposé qu'on devait trouver du silex ou d'autres roches, le projet aurait été abandonné; mais, la conviction que tout le parcours sera de la craie a été la base du projet.

M. Loustau déclare que l'on se trouve bien dans la craie grise sans silex.

Un Membre ne croit pas que cette homogénéité, base du travail qui nous est présenté, soit absolue; on rencontre, en effet, dans la craie, des couches de silex ou de pyrites d'une assez grande dureté.

M. Bergeron confirme l'observation de M. Loustau, on se trouve absolument dans la craie grise, par conséquent sans silex; les travaux entrepris sur la côte anglaise, en fournissent, d'ailleurs, une preuve; on a pu pousser une galerie d'avancement de deux kilomètres, sans rencontrer aucun obstacle.

M. Crampton fait remarquer que si l'objet dur rencontré, silex ou pyrite, est assez volumineux pour devenir une cause d'arrêt de la machine, on devra le déchausser avant de continuer le travail; si, au contraire, le cailloux est petit, la machine peut le briser et continuer sa perforation sans interruption. A l'Exposition de 1878, on rencontrait une machine de ce genre, qui coupait le granit.

M. Mathieu confirme également ce qu'a dit M. Bergeron. A Sangatte, il est descendu dans le puits, qui a 90 mètres; on ne rencontre rien sur tout le parcours. Les travaux de recherche s'étendent déjà à près de 400 mètres sous la mer, et l'homogénéité de la roche est absolue. M. Breton, qui dirige depuis deux ans le chantier de Sangatte, ne nous a signalé aucune espèce de différence.

M. le Président remercie MM. Crampton et Bergeron d'avoir portés

devant notre Société, cette intéressante question, le sujet est important, non seulement par les intérêts généraux des deux pays qu'il s'agit de relier, mais encore, au point de vue de l'art de l'ingénieur, à cause des difficultés qu'il y aura à vaincre pour mener à bonne fin cette grande entreprise. M. Crampton veut profiter de la faible dureté de cette couche et de l'homogénéité de craie pour appliquer à l'exécution de cette grande œuvre un système qui ne manque pas de hardiesse. La Société sait que notre éminent Collègue a déjà eu des idées hardies et qu'il a su les réaliser avec succès.

La Société voudra certainement le remercier à nouveau de son importante communication.

M. Moreau donne lecture de son travail sur le cahier des charges des chemins de fer d'intérêt local.

M. Auguste Moreau commence sa conférence en adressant ses sincères remerciements à la Société des Ingénieurs civils, qui l'a chargé officiellement de faire le travail qu'il présente aujourd'hui. Il a, d'abord, été un peu effrayé de cet honneur, en même temps que de cette lourde tâche, surtout à la pensée que, parmi les nombreuses et hautes compétences en la matière que renferme la Société, il y avait un grand nombre de ses Collègues qui auraient pu, beaucoup mieux que lui, faire cette analyse raisonnée du nouveau cahier des charges.

Néanmoins, il n'a pas reculé devant cette responsabilité; il a compris que la Société avait voulu simplement, par là, s'adresser à l'un de ses membres qu'elle savait toujours empressé à lui être agréable, et ardent à défendre ses intérêts : cela lui a rendu la confiance, et c'est sur ces bases qu'il s'est mis volontiers à l'œuvre.

Le cahier des charges des chemins de fer, comme pièce officielle, date des conventions de 1857, 1859 et 1863 entre l'État et les grandes Compagnies. C'est à cette époque que furent signées les nouvelles conventions qui garantissaient un intérêt de 4,65 aux obligations du second réseau.

Il est bon de rappeler ce document, parce que le cahier des charges actuel, appliqué aux chemins de fer d'intérêt local, n'est, en grande partie, qu'une copie de l'ancien, relatif aux lignes d'intérêt général, copie, d'ailleurs, revue, corrigée et, malheureusement, considérablement augmentée.

M. Auguste Moreau passe alors à l'analyse détaillée des différents articles.

Dès le début (art. 2), il voit une remarque utile à faire à propos de la durée de la concession. C'est une chose importante, comme il l'a fait observer dans son étude sur la loi du 11 juin 1880. La durée de la concession part de la déclaration d'utilité publique, alors qu'il n'y a absolument rien de fait et que le chemin de fer n'existe pas. Elle devrait partir, selon lui, de l'ouverture de la ligne entière à l'exploitation.

De plus, les projets doivent être approuvés par l'ingénieur en chef du département, par le préfet, par le conseil général du département, par le conseil général des ponts et chaussées, par le ministre. Il serait donc prudent de fixer la date de l'exécution des travaux à partir du jour de l'approbation complète et définitive des projets.

Pour l'ouverture à l'exploitation, il y a une autre difficulté à prévoir : c'est la livraison des terrains. On est souvent arrêté par un récalcitrant qui s'oppose à ce qu'on passe sur sa parcelle et refuse de signer le registre des autorisations provisoires. Cela n'empêche pas d'attaquer les travaux ailleurs; mais l'ouverture d'une ligne à l'exploitation étant une date qu'il faut préciser dans le cahier des charges, il sera plus sage de ne la faire partir que de la *livraison complète des terrains*.

L'article 3 est celui qui précise la hiérarchie par laquelle doivent passer tous les documents.

Anciennement, le contrôle des projets et des travaux de chemin de fer d'intérêt local était décidé par le département, qui choisissait fréquemment l'agent-voyer. Aujourd'hui, il paraît que ce sera toujours l'ingénieur en chef du département. Les projets apportant quelque modification à la grande voierie doivent être renvoyés au ministère, c'est-à-dire au conseil général des ponts et chaussées.

Une clause intéressante à noter est celle qui consiste à autoriser un concessionnaire à copier tous les plans et devis dressés par le département, et à ses frais. Néanmoins, il faut bien remarquer que, s'il est permis de copier les plans et devis du département, il est interdit de copier ceux des demandeurs concurrents. C'est cependant ce qui arrive; fréquemment les préfets et les agents administratifs ignorent ces clauses, et communiquent au premier venu qui se présente les projets déjà déposés; on devine aisément quelles peuvent être les conséquences de semblables procédés.

Un article spécial permet d'exiger éventuellement l'installation d'une seconde voie, quoiqu'on admette que la construction sera faite sur une seule voie. Les lignes du dernier réseau étaient déjà construites à une voie, mais avec obligation d'avoir des ouvrages d'art et des terrassements tout prêts pour recevoir, dans l'avenir, une seconde voie.

On a, ici, fait une certaine concession à cet ordre d'idées, en fixant une recette à partir de laquelle on peut exiger la deuxième voie. Cette recette est 35,000 francs!

Consolons-nous donc : sur les chemins de fer d'intérêt local, cette éventualité est peu à redouter. Néanmoins, ce chiffre même de 35,000 francs ne constitue pas une base suffisante, car on peut se trouver en face d'une année exceptionnelle, et ce chiffre peut très bien n'être qu'une exception. Il faudrait, au moins, spécifier que cette recette devra persister pendant un certain temps, pendant cinq années par exemple.

Quoi qu'il en soit, et même arrivé à ce chiffre, la seconde voie serait-elle nécessaire? Évidemment non, et l'on voit aujourd'hui la petite ligne anglaise

du Festiniog réaliser facilement 33,000 francs par kilomètre, avec une voie, non seulement unique, mais réduite à $0^m,60$.

Il faut remarquer enfin, que, s'il y a une deuxième voie, il y a un supplément d'exploitation, dont la création occasionne des frais nouveaux qu'il faudra faire entrer en compte. Il sera bon d'y songer dès la signature de la convention.

M. Auguste Moreau passe ensuite à l'article 7, qui précise les dimensions de la voie et du matériel roulant. On voit pour la première fois, avec plaisir, l'admission de la voie étroite dans un document officiel. On admet, dans le présent article, trois genres de voies : la voie normale, nous n'en parlons que pour mémoire et comme une chose à rejeter d'une façon absolue; la voie de 1 mètre et la voie de 75 centimètres. On peut regretter, au premier abord, de voir ainsi imposer trois dimensions; seulement, dans la pratique, cela présente de réels avantages : cela simplifie les types de matériel qui deviendront rapidement courants; on pourra se les procurer plus rapidement et à meilleur compte; il serait bon de se fixer sur ces deux types indiqués, et d'adopter la voie de 1 mètre, comme *maximum*, et celle de 75 centimètres, comme *minimum*, au moins pour les chemins de fer qui méritent ce nom et peuvent prétendre à la déclaration d'utilité publique. Au-dessous de 75 centimètres, la voie serait trop petite; on ne peut guère admettre de dimension inférieure à celle-ci, que pour des voies qui servent à des transports de peu d'importance, comme, par exemple, le bardage des betteraves dans les champs, ou le transport du charbon, dans les mines. La voie de 60 centimètres du Festiniog, citée plus haut, a été reconnue comme trop faible, par son ingénieur lui-même, M. J. Spooner; il a avoué que, s'il avait pu se douter, à l'origine, de l'importance que prendrait le trafic de cette petite ligne, uniquement destinée d'abord à desservir des ardoisières, il aurait certainement adopté la voie de 75 centimètres.

La largeur du matériel roulant est bien indiquée conformément aux règles de la pratique : deux fois et demie la largeur de la voie. Par exception, la largeur de la voie normale est de $2^m,80$. Si l'on ajoute 30 centimètres pour toutes les saillies latérales, on obtient le tableau suivant :

Voie large.	$3^m,10$
Voie de 1 mètre.	$2^m,80$
Voie de $0^m,75$.	$2^m,175$

Ce sont cependant là des *maxima*.

Dans la pratique, on prend généralement :

Voie large.	$2^m,95$
Voie de 1 mètre.	$2^m,20$
Voie de $0^m,75$.	$1^m,70$

Ce sont les dimensions du matériel roulant, ainsi fixées, qui déterminent la largeur de la plate-forme du ballast, du moins pour la voie étroite. Pour

la voie large, il fallait laisser un mètre entre le rail et la tête du ballast, d'après le cahier des charges. Cependant, les lignes algériennes n'emploient, depuis longtemps, que 70 centimètres, ce qui porte leur ballast à la largeur de leur matériel roulant, comme les petites lignes.

Pour la hauteur du matériel roulant, c'est-à-dire la hauteur au capuchon de la cheminée de la locomotive, elle est fixée à $4^m,20$ pour la voie large ; pour les autres voies, la dimension dépendra nécessairement du matériel, mais une bonne dimension est $3^m,50$ pour voie de 1 mètre, et 3 mètres pour les lignes de 75 centimètres.

Dans le cas où le chemin a deux voies, l'entrevoie est de deux mètres pour les grandes lignes, laissant entre les voitures un intervalle *minimum* de 46 centimètres. Le cahier des charges actuel exige un espace net de 50 centimètres, ce qui est encore un peu plus ; il eût suffit de 30 centimètres, juste ce qu'il faut pour ne pas heurter de la tête le train voisin que l'on peut croiser. En somme, c'est là une précaution de luxe, car il n'y aura jamais de croisements de trains en pleine voie sur ces petites lignes, et le train voisin n'existera que dans les gares, quand, la longueur du trajet dépassant environ 40 kilomètres, on ne pourra faire l'exploitation en navette.

L'épaisseur du ballast est exigée à 35 centimètres ; cette dimension est très exagérée ; une hauteur de 25 centimètres aurait été suffisante. Avec 8 de rail et 10 de traverse, il reste encore 7 de ballast sous la traverse ; au *maximum* devait-on fixer l'épaisseur du ballast à 30 centimètres.

Enfin, la distance entre le rail et la crête de la plate-forme est absolument trop forte ; elle est de 90 centimètres. Si l'on suppose, comme l'exige le règlement, 35 centimètres de ballast avec un talus de 1 1/2, il reste $0^m,375$ de banquette en terre absolument inutile. Non pas qu'il faille terminer la plate-forme au pied du talus du ballast, qui coûte fort cher et pourrait se perdre.

On peut prétendre, en outre, qu'il faut laisser la place nécessaire pour qu'un cantonnier ou un homme circulant sur la voie, puisse s'y tenir au passage d'un train ; mais il n'y a, sur ces petites lignes, ni grande fréquence ni grande vitesse des trains. Un homme qui voit arriver un convoi, a parfaitement le temps de se garer sur le talus et n'a absolument aucun danger à redouter.

L'article se termine par l'obligation de creuser des fossés. Il faut, évidemment, n'en faire que quand le terrain l'exige, et les établir le plus petit possible ; 20 centimètres au plafond sont largement suffisants, avec 20 centimètres de profondeur et talus à 45°, ce qui donne une ouverture totale de 60 centimètres.

M. Auguste Moreau résume les dimensions à donner à la plate-forme : en supposant un matériel de $2^m,20$, elle est de 4 mètres pour les voies de 1 mètre, avec les exigences de l'administration ; elle pourrait facilement être réduite à $3^m,35$, en mettant encore, avec les dimensions indiquées précédemment, une banquette en terre de 20 centimètres de chaque côté.

On voit que cela fait une économie d'achats de terrain, de terrassements,

et, surtout, d'ouvrages d'art, qui ne laissent pas que de chiffrer. Il y a aussi une économie de ballast qui à elle seule atteint au *minimum* 1 franc par mètre, c'est-à-dire 1,000 francs par kilomètre, et ce n'est pas à dédaigner.

La traverse, dont on ne parle nulle part, doit dépasser le rail au moins de 30 centimètres de chaque côté, pour que le train ait une stabilité suffisante.

Les courbes et les pentes font ensuite l'objet de l'article 8. Cet article est très bien conçu. Dans les anciennes lignes, les courbes et pentes avaient été déjà modifiées successivement. Les premières lignes devaient avoir des courbes d'un rayon *minimum* de 350 mètres, et les pentes étaient de 10 millimètres. D'après les décrets des 11 juin et 25 août 1863, les courbes avaient été abaissées à 300 mètres, et les pentes portées à 15 millimètres; on toléra même 20 millimètres et les Compagnies étaient autorisées à dépasser cette limite dans certains cas exceptionnels. On était donc déjà entré dans la voie du progrès, sous ce rapport, et il n'y a rien d'étonnant à ce que l'article actuel soit bien rédigé.

Les chiffres indiqués comme bons à adopter pour les rayons *minimum* des courbes, sont les suivants :

Voie large	250
Voie de 1 mètre	100
Voie de 75 centimètres	50

Évidemment on pourra, dans certains cas urgents, employer des rayons plus faibles que ceux-là, mais il faudra le faire le plus rarement possible.

M. Auguste Moreau est également d'avis d'approuver l'article suivant, relatif aux pentes et rampes. Le cahier des charges recommande de dépasser le moins possible 30 millimètres, et il a raison. Il est certain qu'on peut aller au delà de cette limite, mais on ne peut le faire qu'au détriment de l'exploitation future, qu'il faut bien se garder de grever inutilement à l'avance. Il faudra donc, *à priori*, s'assurer avec soin de la traction nécessaire au trafic prévu dans l'avenir.

L'article 9, relatif aux gares, est trop chargé. Il est inutile de demander tant de documents spéciaux pour des gares excessivement simples, dont les bâtiments seront très élémentaires et construits d'une façon très économique, en planches par exemple.

Il faut bien spécifier, à ce propos, que toute gare à construire, dans l'avenir, sur la demande du département, sera exécutée aux frais de ce dernier.

On est trop souvent exposé, dans ces petits chemins de fer, à être le jouet de personnages plus ou moins influents, qui voudraient chacun une gare à leur porte sans bourse délier; il faut prévoir ce cas dans la convention.

L'article 10, relatif à l'interruption des voies de communication, réalise un progrès, en ce sens qu'il permet de passer à niveau, même sur les routes nationales; quant aux ouvertures à ménager entre culées pour les passages inférieurs, on indique 8 mètres pour les routes nationales, 7 mètres pour les routes départementales; 5 mètres pour les chemins de grande communication, et 4 mètres pour les chemins vicinaux ordinaires.

Nous aurions voulu voir, pour simplifier, réduire ces dimensions à deux, comme pour les passages à niveau, à 6 mètres et 4 mètres. Les hauteurs restent les mêmes que dans les anciens règlements : 5 mètres au-dessus du sol pour les ouvrages cintrés et $4^m,30$ pour les poutres droites. Cela s'explique, car ces dimensions sont indépendantes de celles du chemin de fer.

La largeur, entre parapets, est très exagérée. Sur les grandes lignes, on doit laisser entre le parapet et la partie la plus saillante du matériel roulant, une largeur *maximum* de 70 centimètres.

On s'est évidemment basé sur ce chiffre pour déterminer, dans les petits chemins de fer, l'espace laissé libre entre la partie la plus saillante du matériel roulant et le garde-corps; on a mis 70 millimètres de chaque côté de sorte qu'il reste sur les ouvrages d'art un intervalle libre absolument perdu de 1,40 qui entraîne, comme bien l'on pense, un surcroît de dépenses complètement inutile surtout dans les ouvrages d'art qui constituent la partie la plus coûteuse de l'infrastructure. Le fait est d'autant plus regrettable qu'il n'a aucune raison d'être, à moins que l'ouvrage d'art ne soit très long, car alors, un homme surpris sur la voie par l'arrivée d'un train, n'aurait pas le temps de se garer, et il faut ménager largement la place de son corps; encore eût-il suffit, dans ce cas, d'un refuge de temps en temps. Mais, sur tous les ponts de longueur ordinaire, une largeur de $0^m,20$ eût été largement suffisante et eût permis de réaliser une économie très importante.

Ainsi, pour la voie de 1 mètre pour tous les ponts, avec le cahier des charges on a une largeur de $3^m,60$ entre les garde-corps en adoptant le matériel roulant moyen de $2^m,20$ de largeur, on gagne juste 1 mètre et l'on réduit la plate-forme à $2^m,60$ en ne laissant que $0^m,20$, au lieu $0^m,70$ de chaque côté. On voit que la chose en vaut la peine.

La hauteur du garde-corps n'est pas non plus justifiée. Dans l'ancien règlement, on demandait $0^m,80$ de hauteur, quand le personnel seul de la Compagnie circulait sur le pont, et 1 mètre quand celui-ci était destiné à la circulation publique des passants, des enfants, etc.; aujourd'hui on exige 1 mètre partout. Il est difficile de comprendre la nécessité de cette augmentation. Si l'ouvrage est fait pour deux voies il y a $0^m,50$ à laisser au milieu, entre les parties les plus saillantes du matériel roulant. Si l'on y ajoute les $0^m,70$ de chaque côté, on arrive à la dimension considérable et inutile de $6^m,30$ de largeur qui pourrait tomber facilement à $5^m,10$, en laissant $0^m,30$ au milieu et 0^m, 20 de chaque côté.

M. Auguste Moreau conclut en disant que la largeur maximum à donner aux ouvrages est donc :

	1 voie.	2 voies.
Voie de 1 mètre.	3.20	6.30
Voie de 0m,75.	2.575	5.05

Les passages supérieurs sont réglementés par l'article 12; les dimensions précédemment indiquées s'appliquent ici aux parties inférieures dans lesquelles passe le chemin de fer. Pour les parties supérieures, la dimension dépend de celle de la voie publique (v. art. 10).

Quant aux hauteurs, les cotes exigées sont encore inutilement forcées; on a conservé 4m,80 pour les lignes à voie large; mais, pour les autres, 0m,60 au-dessus de la hauteur maximum du matériel roulant. Il est bon, en effet, de laisser quelques centimètres au-dessus du capuchon de la machine pour ne pas heurter un rivet ou une plate-bande supplémentaire imprévus. Mais 0m,60 est vraiment un peu trop.

Remarquons en outre que cette hauteur est actuellement exigée sur toute la largeur du matériel roulant, au lieu de l'être comme auparavant, simplement sur la largeur des rails, c'est encore un luxe inutile qu'il faudra payer.

Mais ce n'est pas encore tout et ces hauteurs réglementaires devront régner jusqu'à 2 mètres au-dessus du rail. Nous ne voyons pas pourquoi l'on a ajouté ces nouvelles exigences à l'ancien cahier des charges qui ne les contenait pas.

Pour les passages à niveau, l'article 13 les classe en deux catégories, à 6 mètres pour les routes et 4 mètres pour les chemins; c'est là une mesure excellente; mais ensuite il interdit de se placer sous un angle supérieur à 45 degrés. Cette prescription est ici inutile. Elle est parfaitement justifiée sur les grandes lignes, où la fréquence et la vitesse des trains rendent très dangereuse la traversée des passages à niveau quels qu'ils soient; avec un angle trop aigu, une voiture traversant le passage pourrait s'engager dans les ornières formées par les contre-rails et être surprise par un train.

Mais dans les petites lignes où il n'y a que deux ou trois trains par jour dans chaque sens et où la vitesse est de 20 à 30 kilomètres à l'heure, rien de tout cela n'est à redouter quand le mécanicien devrait ralentir sa marche ou même arrêter son train.

M. Auguste Moreau insiste en avançant qu'on doit pouvoir ici mettre les passages à niveau sous tous les angles possibles. Cela est tellement sans inconvénient que pour les tramways (chemins de fer sur routes) il n'est pas défendu de passer d'un côté à l'autre de la chaussée, et on avouera bien que ce passage ne peut s'effectuer sous un angle plus grand que 45 degrés; et le tramway sur chaussée n'est-il pas lui-même un long passage à niveau faisant avec la route un angle nul?

Il est inutile de parler des barrières, des maisons de gardes ni de toutes

les obligations de ce genre, qui doivent être absolument supprimées dans ces petits chemins de fer.

L'article relatif aux souterrains est moins intéressant que les autres, car il est peu à supposer qu'on en rencontre dans les chemins de fer d'intérêt local bien étudiés; mais enfin, le besoin peut cependant s'en faire sentir, comme à Ergastira en Grèce, ou au Festiniog déjà cité, par exemple; et il est bon d'en régler les dimensions.

La largeur est la même que celle des ponts. Quant à la hauteur on prévoit $0^m,60$ de supplément pour l'aérage. Cela fait donc $1^m,20$ de plus que la hauteur du matériel roulant. On pourrait largement supprimer les $0^m,60$ primitifs dans les ouvrages d'art, où ils sont inutiles, et se contenter de les ajouter ici. Remarquons aussi que cette hauteur de $0^m,60$ est la même, que le tunnel ait une voie ou qu'il en ait deux. Il faudrait garder ces $0^m,60$ pour les deux voies et réduire cet excédent à $0^m,30$ dans le cas d'une voie unique.

L'article 19 qui fixe les éléments de la voie ne précise aucun chiffre. Il faudra prendre le rail en acier, généralement du poids de 15 kilogrammes le mètre courant. Le rail à patin est obligatoire, nous conseillons également le porte à faux pour les éclisses.

Suivent une série d'articles ne présentant rien de saillant sur l'utilité publique, les servitudes militaires, les carrières, mines, etc.

Une prescription particulièrement intéressante, et sur laquelle il faut attirer l'attention de la Société, est contenue dans les lignes suivantes :

« Tout marché à forfait avec ou sans série de prix, passé avec un entrepreneur, soit pour l'ensemble du chemin de fer, soit pour l'exécution des terrassements ou ouvrages d'art, soit pour la construction d'une ou plusieurs sections du chemin, est, dans tous les cas, formellement interdit. »

Évidemment ce sont des prescriptions fort sévères mais, il faut le reconnaître, excellentes. Ces entreprises étaient complètement tombées dans l'estime publique, après les spéculations peu avouables auxquelles elles avaient donné lieu dans les premières années; or les règles précédentes ne peuvent qu'introduire une grande moralisation dans les affaires de ce genre, en un mot leur ramener l'estime publique, et, à ce titre, nous les approuvons complètement.

Suivent les articles ordinaires sur les plans cadastraux, sur l'atlas à fournir lorsque la ligne est construite. Ici rien de particulier.

M. Auguste Moreau passe alors à l'examen du 2e chapitre : Entretien et Exploitation.

C'est encore une copie plus ou moins surchargée du cahier des charges des grandes Compagnies.

Pour le matériel roulant, on indique trois classes de voitures pour les voyageurs. Il ne faudra jamais employer que deux classes pour modifier l'entretien en même temps que la fabrication des billets et la comptabilité des gares. Les *premières* seraient à peu près celles des grandes lignes sauf quelques simplifications, et les *secondes* ne seraient que les troisièmes des

grands chemins de fer. Le cahier des charges admet des voitures à impériales : c'est une bonne innovation qui n'existait pas dans l'ancien règlement et ces voitures n'étaient jusqu'ici que tolérées. Les impériales peuvent être avantageusement fermées, du système Vidard, comme sur les lignes de Saint-Quentin à Guise, et d'Enghien à Montmorency. Il est impossible, quoi qu'en dise l'article 31, d'admettre dans les chemins de fer d'intérêt local, des compartiments réservés; avec ce système on en arriverait bientôt à exiger dans le train des cabinets de toilette et des water-closet.

Le chapitre se termine par quelques détails sur le matériel roulant, les wagons à frein, le nombre de transports par jour et dans chaque sens, etc.,

Vient ensuite le chapitre III, relatif à la durée, au rachat et à la déchéance de la concession. Les cas de déchéance sont à peu près les mêmes que pour les grandes lignes. Pour ces dernières, toutefois, en cas de rachat anticipé, ou à l'expiration de la concession, l'État pouvait être forcé de racheter à la Compagnie le matériel roulant, le mobilier, etc., et les approvisionnements pour trois mois; ici, il ne l'est plus. Il peut être fort gênant pour les petites compagnies, d'être obligées de conserver tous ces accessoires, en cas de cessation de l'exploitation.

Un article important est celui du *rachat:* il a été très adroitement introduit et rédigé pour permettre à l'État ou au département de racheter la ligne et de se substituer au concessionnaire.

Pour les grandes lignes, on ne pouvait les racheter qu'au bout de 15 ans; actuellement ce rachat peut se faire pour les petites quand on le voudra : on voit qu'elles continuent à être privilégiées.

En cas de déchéance, on a cependant introduit une clause qui améliore le sort de la Compagnie : la ligne ne peut être mise aux enchères à une première adjudication, pour une mise à prix inférieure à sa valeur réelle. Si cette première adjudication ne réussit pas, alors seulement on se résoudra à employer l'ancien système, qui accepte le meilleur prix proposé, si bas qu'il soit.

S'il n'y a pas d'acquéreur, la ligne appartient de droit au département.

Les articles 38 et 39 précisent les cas où cette déchéance peut être prononcée : c'est encore une copie de l'ancien règlement, mais également un peu adoucie.

M. Auguste Moreau attaque ensuite le quatrième chapitre, l'un des plus importants, relatif aux conditions de transport et aux taxes à percevoir.

La remarque générale à faire est la suivante :

Les prix indiqués au document officiel sont beaucoup trop faibles : il ne faut pas se baser, comme on l'a fait, sur les prix que demandent les grandes lignes et les chemins de fer ordinaires : pour établir les tarifs d'un chemin de fer, il faut voir dans quelles mesures le chemin de fer permet de réaliser des économies sur les anciens moyens de transports en usage dans la contrée.

Ainsi le camionnage demande ordinairement de 0 fr. 30 à 0 fr. 50 par

tonne et par kilomètre : un chemin de fer qui prendra 0 fr. 15 à 0 fr. 20 réalisera déjà une grande différence en sa faveur et, en même temps, aura plus de chances de vivre, sans demander des secours exagérés à l'État, au département ou aux particuliers.

M. Auguste Moreau expose alors à la Société un tableau des tarifs tels qu'ils devraient être partout appliqués sur ces petites lignes.

Pour les voyageurs, une taxe kilométrique par tête de 0 fr. 15 pour les premières et de 0 fr. 10 pour les secondes, ces prix sont très peu plus élevés que ceux des grandes lignes.

Cependant il sera bon de réduire un peu ces taxes pour les petits parcours, parce que les voyageurs échappent plus facilement au transport que les marchandises ; un voyageur qui n'a que quelques kilomètres à parcourir, fera le trajet à pied si le prix est trop élevé; cela est surtout vrai chez les paysans qui comptent le temps pour rien. Par conséquent, il faut être coulant dans l'application du tarif des voyageurs, mais beaucoup plus ferme et plus exigeant pour les marchandises. Il faut d'abord supprimer la classification inutile ici des quatre sortes de marchandises ; deux grandes classes suffisent; une pour les colis isolés; une autre pour les marchandises à transporter par wagon complet.

Premier cas : colis isolés, tarif uniforme, quelle que soit la matière : 0 fr. 20 par tonne et par kilomètre. Dans le second cas, c'est-à-dire par wagon complet : 0 fr. 12 par tonne kilométrique.

Et ici M. A. Moreau fait bien remarquer qu'il n'invente rien : ces tarifs sont appliqués sur le chemin de fer de la Meuse et lui ont paru excellents. Rien ne lui a paru plus logique que de faire payer assez cher pour le transport des colis isolés, et de réduire le prix pour les marchandises se présentant par wagons complets.

Il faut ajouter que sur ces petites lignes les wagons sont rapidement complets, puisque leur chargement *maximum* est environ de 5 tonnes. Ces tarifs ont, d'ailleurs, été dépassés.

Certains chemins de fer, comme les lignes du Cambrésis, ont des tarifs qui vont jusqu'à 25 centimes par tonne et par kilomètre, pour la première classe de marchandises, et ils ont parfaitement raison : il vaut mieux avoir d'abord des prix élevés, quitte même à ne pas les appliquer ou à les baisser dans la suite s'il y a lieu, que d'avoir des tarifs trop bas et d'être obligé, plus tard, de les élever. Ce serait beaucoup plus difficile à faire accepter au public.

M. Moreau ne s'étend pas davantage sur les autres tarifs du tableau. Un ancien article a été supprimé : c'est l'article 43, autorisant les Compagnies à ne pas placer dans les trains des compartiments de luxe. Il est clair qu'on aura rarement besoin des coupés-lits ou de *Pulmann-car* dans les chemins de fer d'intérêt local !

Il faudrait également supprimer l'article 43 actuel, relatif au transport gratuit de 30 kilogrammes de bagages par voyageur. Celui qui a des bagages profite du chemin de fer plus que celui qui n'en a pas, et, par consé-

quent, doit payer plus cher ; ces bagages devraient être soumis au tarif; on ne doit admettre comme gratuits que ceux qui peuvent se porter à la main.

Suivent des articles de détail sur le *maximum* des poids indivisibles, etc., les délais de livraison, de camionnage, etc.

D'après M. Auguste Moreau, les stipulations relatives aux services publics, qui constituent le titre 5, ne sont pas admissibles sur ces lignes secondaires. Il a déjà eu l'occasion de dire, dans une précédente séance, qu'il serait désirable de voir supprimer tous ces transports gratuits de fonctionnaires publics, d'agents du contrôle et de toutes sortes.

Les petits chemins de fer doivent éviter que l'État charge leurs budgets de transports gratuits, ou à prix réduits, de militaires, marins, prisonniers, fonctionnaires ou agents de tous grades et de tous rangs. Si l'État veut faire des gracieusetés à ses agents, qu'il leur rembourse leurs frais de voyage.

Il en est de même du service des postes, qui fait l'objet de l'article 56 ; il doit payer comme les autres. M. Morandiere, dans son remarquable travail sur les chemins de fer secondaires, nous citait déjà une ligne française où cela se pratique ainsi, le chemin de fer de l'Hérault.

En Allemagne, cela a lieu sur un grand nombre de lignes. Sans cela, en effet, la subvention de l'État devient une plaisanterie, et se trouve annulée, quelquefois même dépassée.

Après quelques dernières considérations sur le télégraphe, M. Auguste Moreau arrive au sixième et dernier chapitre : *Clauses diverses*. Il y est question des concessions concurrentes d'embranchements et de prolongements.

L'article 60 parle des gares communes. Ces gares communes ont toujours constitué la pierre d'achoppement pour les petites lignes, et l'article actuel, sans préciser, dit que les frais devront être partagés d'une manière équitable ; cela indique surabondamment qu'auparavant, le partage des frais de la gare, y compris l'intérêt du capital de premier établissement, proportionnellement au nombre des embranchements, l'était fort peu. Une commission d'arbitres sera nommée, au besoin, pour arriver à un partage rationnel. Auparavant, les frais partagés comme nous venons de le dire, étaient écrasants pour les petites lignes. Ainsi, par exemple, la gare de Clermont-Ferrand coûte 4 millions, ce qui représente un intérêt annuel de 200,000 francs ; elle desservait déjà trois directions avant l'installation du du chemin de fer de Clermont à Tulle. Eh bien! celui-ci, qui en s'installant a créé un quatrième embranchement, a dû payer à la Compagnie de Lyon une redevance s'élevant au quart de la somme précédente, c'est-à-dire 50,000 francs par an pour faire gare commune. C'est peut-être là le produit de 10 de ses kilomètres !

Il était évident qu'avec ce système on devait, sans pitié, ruiner les petites Compagnies, et on y est, en effet, arrivé.

En somme, la gare commune est toujours une mauvaise chose qu'il

faudra éviter; ce sera toujours la lutte du pot de terre et du pot de fer, et avec l'adoption de la voie étroite, elle devient bien moins nécessaire.

Viennent, enfin, quelques derniers articles sur les embranchements industriels, la contribution foncière, les frais de contrôle que le département devrait garder à sa charge, et sur lesquels il n'y a rien de bien intéressant à dire.

M. Auguste Moreau tire ensuite, de tout ce qui précède, des conclusions générales, en faisant, toutefois, remarquer que, vu la longueur du travail, il n'a pu parler aujourd'hui que du cahier des charges des chemins de fer d'intérêt local; plus tard, il se propose de faire une étude à part des documents administratifs relatifs aux tramways.

Comme conclusion, il dit qu'on s'attendait à trouver, dans ce nouveau cahier des charges, exclusivement destiné aux petites entreprises, un grand nombre de simplifications et de réductions des anciennes conditions imposées. On s'attendait à voir un document très résumé et très libéral; tout au contraire, on possède un règlement volumineux, compliqué à plaisir et ne présentant, sur l'ancien, que des surcharges, des difficultés nouvelles et à peine deux ou trois améliorations, auxquelles M. Moreau n'a pas ménagé ses louanges.

Le chapitre premier, sur la construction, donne des dimensions absolument exagérées et inutiles à toutes les parties de la voie et des ouvrages d'art, s'ingéniant, pour ainsi dire, à pousser à la dépense, alors que la plus petite économie doit être recherchée, et se faire sentir sur ces petits budgets, toujours en déficit. Ménager le budget de la Compagnie, c'est toujours, ici, sauvegarder les intérêts publics, qui sont appelés à combler les vides.

Le chapitre relatif aux tarifs, méritait d'être particulièrement étudié; c'est, au contraire, le plus négligé. On s'est contenté de copier les tarifs des grandes lignes, comme s'il pouvait y avoir, entre ces deux sortes d'entreprises, la moindre assimilation. Il est vrai qu'on n'est pas obligé de les suivre; mais malheureusement, les indications portées au document officiel auront toujours force de loi auprès du ministère et des ingénieurs de l'administration, qui seront peu disposés à voir changer ce qu'ils ont indiqué comme bon.

Enfin le dernier mot de cette étude doit être celui-ci : il faut regretter que des questions absolument spéciales comme celles-là n'aient pas été traitées par des hommes spéciaux. Il est certain que si ce cahier des charges avait été élaboré par une réunion d'ingénieurs ayant tous fourni une assez longue carrière dans les chemins de fer, et surtout les chemins de fer économiques, le résultat eût été tout autre et beaucoup plus rationnel.

M. le Président remercie M. Moreau de la tâche laborieuse qu'il a bien voulu accomplir. La Société a entendu débattre, avec beaucoup de chaleur, les intérêts des concessionnaires des chemins de fer d'intérêt local. M. Moreau a présenté des considérations parfois un peu sévères pour ceux

qui ont étudié cette question, car il ne faut pas oublier combien il est difficile aux autorités qui ont le grand devoir de sauvegarder les intérêts et la sécurité, de s'occuper en même temps, à chaque pas, de l'intérêt des concessionnaires; il y a une balance à faire entre tous ces intérêts.

Avant de donner lecture de la communication de M. Francq sur la traction des chemins de fer métropolitains, M. le Président fait remarquer que, dans le compte rendu de la séance du 14 avril on a donné connaissance de la communication de M. Mékarski; aujourd'hui nous donnons celle de M. Francq; et, lorsque viendra la question de la traction du chemin de fer métropolitain, on possédera tous les éléments d'une discussion intéressante.

Il est donné lecture de la note suivante de M. Léon Francq.

Dans son mémoire relatif au métropolitain de Vienne, M. Schaller vous a dit que, pour opérer la traction des trains, la préférence a été accordée à la locomotive à eau chaude.

M. Mékarski s'est élevé contre ce choix et s'est attaché à démontrer que les auteurs du projet n'ont pas étudié attentivement la question; il s'est efforcé de prouver, par comparaison, l'infériorité de la machine à eau chaude, alors que l'on pouvait s'attendre à le voir établir, d'une façon péremptoire, les avantages et la suffisance des machines à air comprimé au point de vue de leur application aux métropolitains en général.

Dans cette discussion, j'aurais désiré éviter toute intervention qui pût paraître intéressée; c'est ainsi que, jusqu'à présent, je me suis abstenu de faire valoir, dans cette enceinte, les mérites de la machine à eau chaude, comme j'ai pris soin de ne jamais déprécier les machines d'un autre système. Je crois avoir agi en cela conformément aux traditions de la Société.

Mais je me trouve maintenant en présence des attaques dont la machine à eau chaude a été l'objet; je sors malgré moi de la réserve que je m'étais imposée et je vais rétablir dans toute son exactitude la comparaison qui doit être faite entre les deux systèmes.

Je n'ai pas qualité pour expliquer les motifs qui ont déterminé M. Fogerty et ses amis à donner la préférence à la machine à eau chaude; qu'il me suffise de dire que la compétence et la valeur qu'on attribue, en Angleterre et en Autriche, à ces ingénieurs, et l'intérêt qu'ils ont à s'assurer le concours d'un moteur économique et pratique, sont un sûr garant du jugement qu'ils ont pu porter.

Les ingénieurs du métropolitain de Vienne, en particulier, ont des connaissances techniques suffisantes et un jugement assez éprouvé pour apprécier le moyen de traction qui leur convient.

Leur opinion peut être en opposition avec celle de notre collègue, mais nul ne peut dire que l'étude a été faite sans soins, à huis clos et sans impartialité.

Quoi qu'il en soit, je passe sur ces considérations et je réponds de suite aux critiques qui ont été adressées à la locomotive à eau chaude dans son application aux chemins de fer métropolitains, que ceux-ci soient appliqués à Vienne ou à Paris.

Je commence par rendre un juste et sincère hommage au talent que M. Mékarski a déployé pour constituer sa machine à air comprimé et pour atténuer, par des dispositions ingénieuses, les inconvénients sérieux que présentaient autrefois les machines imaginées par ses devanciers.

Ces inconvénients étaient de plusieurs sortes.

Le fonctionnement manquait de sécurité, le prix de revient de la traction était trop élevé. Aujourd'hui le fonctionnement est mieux assuré, grâce à l'emploi, à titre auxiliaire, d'un récipient à eau chaude.

Le prix de revient s'est abaissé, mais il est resté supérieur à celui d'une traction opérée par un moteur à vapeur emmagasinée. J'ajoute que les résultats fournis par les machines à air comprimé sont insuffisants pour les invoquer contre d'autres moyens préférés et pour prouver que ces machines sont capables d'effectuer convenablement un service de traction avec des trains très lourds circulant sur une voie qui comporte de fortes et nombreuses rampes et un parcours de 20 kilomètres *effectifs* au moins.

L'air comprimé que l'on utilise à la traction, quand il n'a pas été produit par une force naturelle, est tributaire de la vapeur d'eau. Cette vapeur, dans les deux systèmes, peut être produite dans les meilleures conditions d'économie possible au moyen de chaudières fixes.

Les unes, pour l'air comprimé, peuvent marcher à moyenne pression; les autres doivent fonctionner à haute pression. Dans les deux cas, elles peuvent donner le même rendement par rapport au kilogramme de charbon brûlé sur la grille, si les gaz, dans la cheminée, sortent à la même température.

On peut facilement obtenir ce résultat en donnant aux chaudières à haute pression qui alimentent les machines à eau chaude une surface de chauffe plus élevée par rapport à la surface de grille, on peut encore faire usage de chaudières spéciales à faible épaisseur avec adjonction de vastes récipients séparés à eau chaude. On s'assure ainsi contre les coups de feu et les explosions; la vapeur s'écoule dans les récipients d'accumulation qui utilisent la chaleur perdue du fourneau tandis qu'ils échappent à l'action destructive directe de la flamme et de la haute température. Une soupape de retenue placée entre le récipient et la chaudière ferme toute communication en cas d'accident.

Ces dispositions, qui sont de nature à procurer un rendement aussi élevé que possible du charbon n'ont pas encore été appliquées. On ne peut pas dire pour cela que les installations faites jusqu'à présent pour l'alimentation des machines à eau chaude soient vicieuses au point de placer celles-ci dans un état d'infériorité vis-à-vis des machines à air comprimé, puisque les constructeurs garantissent une production de 8 et 9 kilogrammes de vapeur par kilogramme de houille.

A priori, le kilogramme de vapeur doit donc revenir au même prix dans les deux systèmes.

Suivons maintenant l'utilisation de cette vapeur à la traction sur rails.

Dans la locomotive à eau chaude, la vapeur produite dans la chaudière est employée directement dans les cylindres moteurs. Cette vapeur, emmagasinée sous pression maxima de 15 kilogrammes, est débitée dans les cylindres par un détendeur automatique à une pression variant entre 3 et 7 kilogrammes au gré du machiniste. Comme dans toutes les locomotives munies d'une distribution par la coulisse, le rendement du kilogramme de vapeur est évidemment moins élevé que sur une machine fixe à longue détente et à condensation. Mais, ce n'est pas la machine fixe intermédiaire de compression d'air qu'il faut comparer à la locomotive à eau chaude. La comparaison du rendement doit porter sur les deux locomotives travaillant sur rails dans les mêmes conditions.

Il s'agit de rechercher, par conséquent, si l'air comprimé à 30 k. et emmagasiné dans les récipients de la locomotive, produit un effet utile, égal à celui que l'on obtient avec la locomotive à eau chaude.

On peut en douter, si l'on observe que la distribution se fait par les mêmes moyens, et que l'effet utile de l'air détendu dans les cylindres ne peut être obtenu sans l'intervention de l'eau chaude.

La vapeur qui se dégage de cette eau chaude a, en effet, pour but d'éviter la contraction de l'air à la détente, la congélation des graisses, de maintenir les surfaces convenablement lubrifiées; elle agit parfois comme force motrice, lorsqu'une rampe, par exemple, réclame une traction énergique. quand l'action frigorifique de l'air détendu ne contrarie pas le mouvement des organes.

La contraction de l'air qui se détend dans les cylindres est un inconvénient que l'on n'a mitigé que moyennant une dépense nouvelle.

Les calories absorbées à la détente, comme celles qui sont produites à la compression, représentent une perte qui n'a d'égale que la complication des organes employés et les efforts exercés pour restituer les unes et pour absorber les autres.

Doit-on maintenant considérer que le fait de détendre et de laminer la vapeur constitue une action nuisible dans l'utilisation de la vapeur d'une machine à eau chaude, dont la pression varie à tout instant?

Autrefois, devant l'Institution des Ingénieurs mécaniciens de l'Angleterre, où la question a été agitée, j'ai exposé qu'en pratique, la meilleure admission avec la coulisse, pour une locomotive paraît être de 30 pour 100 environ. Partant de là, le mouvement de la locomotive à eau chaude a été combiné de manière à admettre régulièrement la vapeur à la pression de 3 à 4 kilogr., qui permet d'utiliser avantageusement la détente dans la proportion indiquée ci-dessus et de tirer le meilleur parti des calories dégagées par l'eau chaude.

De cette façon, la vapeur détendue qui est réchauffée et dépouillée de toutes ses vésicules d'eau avant son entrée dans les cylindres, à l'inverse

de l'air comprimé, se détend rationnellement, fournit un bon travail et s'échappe dans l'atmosphère en n'entraînant avec elle que le *minimum* de chaleur perdue.

En ce qui touche l'action du détendeur et le laminage de la vapeur, la perte n'existe pas. Le récipient, en livrant de la vapeur d'une haute tension à une tension moindre, met des calories en liberté qui donnent un meilleur effet à la vapeur dans les cylindres.

A l'appui de cette opinion, on peut, en effet, constater tous les jours que les machinistes qui conduisent les locomotives à eau chaude, indépendamment de l'action naturelle du détendeur, étranglent toujours l'écoulement au robinet pour économiser leur vapeur.

La locomotive à eau chaude, en elle-même, est donc un outil au moins aussi rationnel, moins compliqué, plus sûr, moins délicat que la locomotive à air comprimé.

Il ressortira de ce qui suit, qu'elle est moins lourde, moins encombrante et plus économique.

Maintenant, si l'on accorde à la machine fixe de compression d'air le rendement élevé de 75 pour 100, si le rendement de la locomotive à air comprimé ou de la locomotive à eau chaude est de 65 pour 100, si le compresseur d'air rend 70 pour 100, enfin, si l'on tient compte de la quantité de vapeur perdue par le réchauffement de l'air dans la bouillotte à eau chaude, on trouve que le rendement final de la vapeur utilisée sur rails, par l'intermédiaire de l'air comprimé, est de 34 pour 100 au plus.

Pour la machine à eau chaude, les compresseurs et la machine fixe de compression n'existant pas, le rendement se maintient à 65 pour 100.

De la différence des rendements (34 et 65 pour 100), il résulte la nécessité de doubler l'importance des chaudières et des installations fixes. La dépense supplémentaire du charbon entraîne avec elle les charges élevées qui proviennent de la conduite, de l'entretien, du renouvellement des chaudières supplémentaires et des machines, pompes et accumulateurs, que ne nécessite point l'emploi de la machine à eau chaude.

N'oublions pas non plus que l'établissement de ces appareils intermédiaires exige une annuité d'intérêt et d'amortissement qu'il faut prendre en sérieuse considération.

Ces charges, accessoires pour l'ingénieur, deviennent capitales pour le spéculateur, et finalement la dépense du charbon ne joue plus qu'un rôle secondaire.

C'est ici que se dégage la différence pratique.

A Nantes, si je m'en réfère aux renseignements qui me sont communiqués, sur 22 machines, 16 fonctionnent en semaine et 18 les dimanches.

Le parcours moyen journalier est de 1,100 kilomètres sur une ligne de 4,700 mètres à peu près, en palier, comportant une rampe de peu d'importance. Le service se fait avec des voitures automobiles (en majeure partie), dont le poids, en charge, est de 8 tonnes. Comme on le voit, ces conditions sont relativement faciles.

On transporte, par conséquent, 8 × 1,100 = 8,800 tonnes kilométriques par jour, sur une voie avantageuse, du type Marsillon. Cette voie donne à peine 8 kilogr. de résistance par tonne; mettons-en 11 pour tenir compte des rares montées, des courbes et des arrêts.

Sur la ligne de Rueil à Marly, le parcours journalier est de 350 kilomètres environ, avec un train qui pèse brut 30 tonnes en moyenne.

La rampe de Marly seule comporte une montée de près de 80 mètres, et la montée totale entre Rueil et Marly, avec une même provision de vapeur, est de 100 mètres environ sur 20 kilomètres de parcours. Ceci représente une rampe moyenne de $0^m,005$ par mètre et une résistance de 5 kilogr. par tonne. En admettant que la résistance au roulement sur un rail routier saillant soit de 6 kilogr. par tonne (ce qui est peu, en raison des nombreuses courbes, des arrêts et du sable répandu sur le rail), il s'ensuit que, dans les deux cas, la résistance par tonne est la même.

On peut en conclure que le travail effectué à Nantes est de 8,800 tonnes kilométriques, contre 10,500 entre Rueil et Marly. Supposons qu'il soit égal.

Sur cette dernière ligne, ce travail est accompli par six machines sans foyer, du poids de 6,500 à 7,300 kilogr., à vide. Elles ont coûté ensemble 138,000 francs, et les générateurs et accessoires environ 25,000 francs; les ateliers, les bâtiments et hangars, à Port-Marly, ne valent pas 40,000 francs.

À Nantes, les machines ont coûté 342,353 fr. 20. Pour alimenter ces machines, il a fallu dépenser 99,996 fr. 15 pour des remises, ateliers de réparations et magasins; 20,398 fr. 15 pour l'outillage des ateliers; 222,097 fr. 70 pour le matériel de compression. En tout, 428,741 fr. 15.

La charge de premier établissement pour les appareils fixes et dépendances, pour *un travail utile de même importance* est, d'après cela, 6 *fois plus élevée*. Cet écart peut être attribué surtout au matériel de compression et de chargement, qui coûte très cher par rapport à l'installation des générateurs. Ceux-ci, sans la cheminée et les fourneaux, n'ont coûté, en effet, que 43,978 fr. à Nantes, contre 22,000 fr. à Marly, dans les mêmes conditions.

C'est dans le rapport de 2 pour 1.

Ceci vient corroborer la démonstration ci-dessus sur le rendement final du kilogramme de vapeur sur les rails.

Si l'on examine ensuite les avantages des deux systèmes, au point de vue du poids de la locomotive, de son volume et du parcours maximum qu'elle peut faire en palier sans rechangement d'air ou de vapeur, on remarque que pour remplir les conditions que nous avons indiquées, les machines remorqueuses à air comprimé pèsent 7,800 kilogr. à vide, avec une capacité de récipient de 5,600 litres, non compris la bouillotte, qui est de 250 litres; tandis que les locomotives à eau chaude du plus fort type ne pèsent que 7,300 kilogr. à vide et 9,800 kilogr. en charge d'eau et de vapeur, avec une capacité de récipient de 3,000 litres seulement.

La machine remorqueuse à air, d'après M. Chemin, attelée à deux cars, peut faire 11 kilomètres *en palier*. La machine à eau chaude fait avec la même charge dans les mêmes conditions de résistance sur la voie, 16 kilomètres *effectifs* en rampe moyenne de $0^m,0056$ par mètre, ou bien 24 kilomètres *en palier*. C'est plus que le double.

On voit que la comparaison faite par M. Mékarski pèche essentiellement par la base.

Il n'y a pas non plus précisément de comparaison possible à établir entre le service de Lille à Roubaix et celui de Nantes.

Sur le premier, il faut remorquer deux voitures à la fois, sur une voie moins favorable, par le fait de l'inconsistance du sous-sol. Les courbes et les aiguilles sont nombreuses, les rampes et pentes se succèdent à tout instant, les déclivités atteignent 53 millimètres, le rayon des courbes varie entre 20 et 800 mètres, la circulation des trains a lieu dans des rues mesurant $4^m,50$ de largeur entre trottoirs; enfin, le parcours mesure une longueur développée de 11,097 mètres, dont 3,150 mètres en courbes, 8,175 mètres de voie en chaussée et 2,923 mètres de voie posée sur trottoirs.

A Nantes, les voies sont bonnes, le sous-sol est solide, les courbes, les rampes sont à peu près négligeables, le parcours est restreint, la charge à traîner est beaucoup moindre. Il n'y a pas à effectuer avec la puissance emmagasinée, comme entre Lille et Roubaix, une montée verticale de 98 mètres remorquant un train qui parcourt effectivement de 16 à 18 kilomètres, selon qu'il y a une ou deux voitures.

Une comparaison ne serait réellement possible que sur la ligne du Louvre à Versailles, où il s'agit d'appliquer la machine à eau chaude, dès que l'état de la voie le permettra.

Sur cette ligne, qui mesure 20 kilomètres de développement et qui comprend une montée totale de 200 mètres environ sur l'aller et le retour, sur cette voie qui comprend de fortes et longues rampes qu'il faut franchir avec deux voitures réunissant un poids total de 12 tonnes, on accueillerait bien volontiers les machines à air comprimé fonctionnant concurremment dans les mêmes conditions avec la machine à eau chaude. Alors seulement, l'application des deux systèmes serait faite dans des conditions réellement identiques.

M. Mékarski dit aussi qu'à Nantes la traction coûte seulement 0 fr. 38 par kilomètre. Sans contester l'exactitude du chiffre, il faut, pourtant, remarquer que, d'après M. Sérafon, ce prix a été dépassé sur le tramway de Wantage, et qu'il s'applique à Nantes à un transport kilométrique de faible importance; il comprend des dépenses dont le taux ne se retrouve pas facilement ailleurs.

Ainsi, les machinistes, chargeurs, chauffeurs et manœuvres sont payés 3 fr. 50 et 3 francs, alors qu'on paye ceux-ci, à Lille 7, 8 et 9 francs. Le charbon est à bon marché. Si l'on devait appliquer aux dépenses de Nantes les prix élevés de Paris, le coût kilométrique de la voiture automobile s'élèverait à plus de 0 fr. 50, alors qu'à Marly, il est inférieur à 0 fr. 45

pour des trains circulant sur un profil très accidenté, dont la marche est peu favorable aux économies, et qui transportent dix fois plus de voyayeurs.

La consommation de charbon, à laquelle M. Mékarski s'est beaucoup attaché, est, d'ailleurs, de 5,000 kilogr. en moyenne par jour à Nantes, pour un parcours de 1,100 kilomètres, au lieu de 1,600 kilogr. à Marly, pour un travail utile égal. Ceci fait une consommation de 4k,545 de houille par kilomètre, pour transporter 30 voyageurs. C'est une quantité supérieure à celle de Marly, où le combustible est mal utilisé. On ne charge effectivement qu'une machine par heure pendant 20 minutes et la chaleur se perd ensuite pendant 40 minutes. C'est une circonstance défavorable au système à eau chaude, qu'à tort M. Mékarski lui attribuait comme un avantage.

A Lille, où les chaudières écouleront la vapeur plus régulièrement, la consommation du charbon sera moindre qu'à Marly. Ici, on a brûlé avec des chaudières en bon état, 3 kilogr. 200 par kilomètre ; à Lille, on brûlera vraisemblablement environ 2 kilogr. 500 de houille tout venant pour transporter 80 voyageurs dans deux voitures.

Maintenant, le panache de vapeur de la machine à eau chaude, a-t-il les inconvénients qu'on veut lui attribuer? Je le nie, et j'ajoute qu'on peut condenser la vapeur d'échappement si l'on veut ; c'est pour laisser à la locomotive son caractère simple, qui constitue sa valeur pratique, que la condensation absolue n'a pas été poursuivie.

Les rapports de police, de la sous-commission ministérielle des ingénieurs du contrôle et l'expérience faite depuis cinq années, sont d'accord, d'ailleurs, pour reconnaître que le panache de vapeur ne présente pas le moindre danger, la plus légère incommodité. Le bruit saccadé de l'échappement des machines à air comprimé, n'existe pas ; cette cause principale d'effroi pour les chevaux se trouve donc écartée quand il s'agit de la circulation du moteur sur la voie publique.

A New-York, ce n'est pas le panache qui effraye les chevaux plus que l'ombre ou l'arrivée soudaine du train, dont le bruit métallique est une source de réclamations et de procès.

Pour le service d'un métropolitain souterrain, s'il est indispensable de condenser la vapeur, les moyens ne manquent pas pour y arriver. Dans ce cas, l'on n'aurait à redouter aucune humidité dans les galeries. Quant à l'échauffement de l'air, qui est moins élevé qu'avec toute autre machine à vapeur, il aurait pour effet de favoriser la ventilation produite par le mouvement des trains et par la force ascensionnelle de l'air que produiront les dénivellations du profil longitudinal, et les ouvertures d'appel ou de prise d'air. Au lieu d'exiger une condensation absolue de la vapeur d'eau, il semble qu'il serait préférable de s'en tenir à une condensation partielle, et voici pourquoi.

La vapeur d'eau, en se répandant au milieu des gaz lourds qu'il s'agit d'évacuer, aurait pour effet, par sa faible densité, de constituer un mélange d'air, de gaz et de vapeur plus léger que l'air extérieur, et de provoquer

ainsi une force ascensionnelle plus puissante. C'est ce que l'air froid échappé de la machine à air comprimé, plus lourd que l'air extérieur, ne pourrait réaliser. En combinant bien cet effet de la vapeur d'eau avec les dispositions à prendre pour l'appel et la prise de l'air, on peut diluer l'acide carbonique dans la vapeur d'eau et s'en débarrasser facilement. Par exemple, dans les villes, l'acide carbonique expiré ne s'accumule point dans les niveaux inférieurs, parce qu'il est mélangé à la vapeur d'eau dégagée du sol, qui l'enlève. Dans les grottes, l'acide carbonique disparaît dès que l'on répand de l'eau sur le sol; la couche diminue ou augmente selon que le temps est humide ou sec.

En réalité, il y aura peu ou pas d'acide carbonique répandu dans les galeries d'un chemin de fer souterrain. S'il devait s'en produire, la vapeur d'eau échappée en excès l'évacuerait, et cette vapeur d'eau ne devrait être réglée, en réalité, que par la nécessité du service des signaux.

D'après M. Mékarski, la machine à eau chaude fonctionnerait à une pression élevée, instable, qui rend son service délicat et dispendieux; l'opération du chargement serait trop longue; le voisinage des chaudières fonctionnant à plus de 15 atmosphères serait dangereux et pourrait soulever des difficultés pour leur installation. Rien de tout cela n'est exact.

D'abord, il n'y a pas de motifs pour que le chargement se fasse plus longuement avec des machines à eau chaude qu'avec des machines à air comprimé.

Si, par exemple, une machine doit s'approvisionner de 1,500 kilogr. de vapeur pour une course, et s'il faut charger 12 machines par heure, la production des chaudières doit être calculée sur la base de 18,000 kilogrammes par heure. Si l'on n'admet à la charge qu'une seule machine à la fois, cette machine recevra en 5 minutes les 1,500 kilogr. de vapeur dont elle a besoin, en ne comptant que sur la puissance de production, sans réserve d'eau. La durée s'abrégera s'il y a une grande quantité d'eau contenue dans des récipients ou bouilleurs. Une perte de cinq minutes, on en conviendra, doit être absolument négligée pour des machines, qui ne pourront pas être rechargées en moyenne plus de cinq fois par jour chacune. C'est une perte de 25 minutes dans une journée de travail. Que les machines rentrent au dépôt après l'accomplissement de leur travail 25 minutes plus tôt ou plus tard, c'est sans importance.

En admettant qu'on mette 10 minutes à charger une machine, on en chargerait trois à la fois. L'une serait au début du chargement, pendant que la deuxième serait en cours et que la troisième serait à la fin. De cette façon, avec une réserve d'eau, avec un timbre supérieur à la pression *maxima* fixée pour les soupapes, par l'emploi de chaudières spéciales, la pression ne peut offrir aucun danger, l'écoulement de la vapeur doit être régulier, le fonctionnement des générateurs ne peut avoir rien d'instable ni de dispendieux, pas plus que sur les chemins de fer où l'écoulement de la vapeur des chaudières des locomotives est très irrégulier. L'expérience prouve d'ailleurs que l'opération du chargement ne peut être plus longue

qu'avec l'air comprimé, et que l'opération est moins délicate qu'à Nantes, où une explosion s'est déjà produite, et qu'à Londres, où une machine du système Beaumont a éclaté. Quant à la marche des chaudières, il est facile de la régler par des moyens connus.

Pour terminer, il est fâcheux que pour répondre à M. Mékarski nous n'ayons que les résultats de Nantes. L'application commencée, puis abandonnée, sur le tramway de Paris (place Moncey), à Saint-Denis, malgré des engagements formels pris envers la Compagnie des Tramways-Nord, aurait pu fournir une base de comparaison plus concluante.

Il y a là, en effet, des difficultés plus grandes. Le parcours, aller et retour, est de 12,396 mètres, avec des montées qui forment ensemble une ascension verticale de 76 mètres; la traction aurait pu être opérée sur deux voitures à 50 places. Nous savons bien qu'on s'est plaint du passage à niveau du chemin de fer de Ceinture; mais un passage peut-il être plus nuisible à Paris, qu'à Lyon à la traverse du chemin de fer de Lyon à Genève?

Qu'il nous soit donc permis de rappeler que de Paris à Saint-Denis, lors des expériences faites en octobre 1878 avec deux voitures à impériale, une machine de 7,800 kilogr. réunissant avec les voitures un poids brut de train de 14,600 kilogr., a fait un parcours *effectif* de 5 à 6 kilomètres.

On peut admettre que ces résultats peuvent être améliorés; mais il faut reconnaître que, jusqu'à présent, il n'a été prouvé nulle part, que les machines à air comprimé peuvent satisfaire dans les meilleures conditions désirables aux exigences de l'exploitation d'un chemin de fer métropolitain placé dans les conditions de celui de Vienne, et du projet présenté pour Paris.

En ce qui concerne la machine à eau chaude, les preuves ont paru suffisantes.

MM. de Crémont, Groselier, Hudelo, Marmiesse et Moyaux ont été reçus membres sociétaires.

Séance du 20 Octobre 1882.

Présidence de M. Émile Trélat.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 6 octobre est adopté.

M. Regnard demande la parole pour rectifier, au nom de M. Mékarski, et en attendant la discussion sur les moteurs pour tramways qui pourra s'engager à propos du Métropolitain de Paris, quelques chiffres énoncés dans la dernière communication de M. Francq :

1° Le nombre des voitures, à Nantes, n'est pas de 34, mais seulement de 22, sur lesquelles 20 sont quelquefois en service l'été;

2° La longueur de la ligne est de 6.200 mètres, et non de 4.700;

3° Les installations fixes n'ont pas été faites seulement pour la ligne actuelle, mais pour un réseau environ double, qui va être très incessamment complété, sans qu'on ait à créer aucune installation nouvelle ;

4° Les remorqueurs font, à Nantes, sans difficulté, l'aller et le retour (12k,200), traînant deux voitures contenant chacune 50 personnes;

5° Enfin, dans les essais faits à Wantage, il n'y avait qu'une machine en circulation, et elle était alimentée au moyen d'une machine à vapeur sans condensation.

Il n'y a donc rien d'étonnant que, dans ces conditions, le prix de revient ait été trouvé supérieur à celui de Nantes?

M. Pontzen demande également à faire une observation au sujet du procès-verbal. On a cité, dans la discussion, qui a suivi la communication que M. Bergeron a faite au nom de M. Crampton, les noms des différentes personnes qui ont pris part à cette discussion. On a bien relaté tout ce que j'ai dit, mais en mettant : « Un membre a fait telle ou telle observation » tandis que pour d'autres, on a cité leurs noms. Je n'ai pas la prétention de croire que mes observations sont plus importantes que

d'autres; mais, en principe, je crois qu'il faudrait établir que tout membre prenant la parole fût nommé. Je crois qu'il y aurait là une garantie désirable, parce que chaque orateur se sentant responsable de ce qu'il dit, jusque dans le procès-verbal, serait plus prudent dans ce qu'il avancerait.

M. le Président. Il y a deux choses, dans votre observation, M. Pontzen: une réclamation personnelle à laquelle il faut faire droit immédiatement; une observation générale qui n'est pas du tout en désaccord avec l'usage et qui ne peut qu'être appréciée du bureau.

M. le Président. J'ai la douleur de vous annoncer le décès de MM. Ch. Desnos et Le Roy (Amable).

— Messieurs, j'ai des excuses à faire à la Société, et j'ai aussi des regrets à lui exprimer. Ces regrets sont relatifs à mon absence de cette place, à la dernière séance; si intéressante et si pleine. Mais il est évident que, en aucune facon, ils ne s'adressent aux conditions dans lesquelles a eu lieu votre dernière séance, ni à la manière dont elle a été conduite par notre collègue M. Brüll, si attentif à nos travaux et si habile à les bien mener. Mes regrets sont tout personnels, et je les accompagne d'excuses, parce que je considérais comme un devoir de faire, cette année, ce qu'un de mes honorables prédécesseurs a fait il y a deux ans à la rentrée.

A cette époque, M. Gottschalk vous a rendu compte de ce qui s'était passé pendant les vacances dans l'ordre des choses qui vous intéressent. On ne pouvait mieux, m'a-t-il paru, reprendre le cours de nos travaux habituels.

Il se fait, Messieurs, une véritable évolution dans le travail des associations intellectuelles depuis quelques années. Ces associations qui se sont tant accrues en nombre et qui se sont tant développées chacune chez elles, semblent éprouver le besoin de se reconnaître mutuellement. Tous les ans des congrès divers fonctionnent soit sur notre territoire, soit à l'étranger. On s'y rencontre. On y retrouve des questions qu'on avait entendu traiter à un point de vue spécial, et qui se sont agrandies à la mesure des intérêts généraux. Les points de départ étant différents, les modes d'attaque sont divers, souvent nouveaux. Les discussions y ont un tour imprévu. Il est rare qu'on n'en rapporte pas une expérience utile aux travaux collectifs poursuivis dans nos sociétés régulières.

Ces sortes de consultations ne sont pas seulement des sources de lumière et des lieux d'accommodement entre des opinions qui se complètent. Je dirai qu'elles ordonnent les idées en les étendant. Cette considération n'est pas à dédaigner, Messieurs, dans notre pays à l'heure qu'il est. Nous y assistons à un travail général, où la cohérence des résultats n'est assurément pas proportionnée à la quantité des efforts produits. Cela est frappant dans le champ politique. Mais il est facile d'observer un peu partout

l'énorme dépense intellectuelle qui se disperse en commun sans porter. Les sociétés s'accroissent en nombre et en importance; cela est excellent. Mais je ne suis pas sûr que la discussion, qui est leur principal outil, s'y fortifie ou s'y affine. Je crains même qu'elle faiblisse. S'il en est ainsi, c'est un mal qu'il faut surveiller. Cette préoccupation a créé chez moi l'amour des congrès. Je ne veux pas dire qu'ils réussissent tous; mais ils sont toujours une bonne école pour les hommes de discussion, précisément parce que celle-ci y est compliquée et que le temps est mesuré. J'avais donc à cœur de vous présenter les congrès de 1882 et j'insiste sur la peine que j'éprouve à ne pouvoir plus le faire aujourd'hui qu'avec grande concision.

Il y a eu à ma connaissance, en 1882, deux congrès de grande importance, quoique de caractères bien différents : le *Congrès international d'Hygiène* et le *Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences*. Votre comité avait, sur ma proposition, nommé des délégués nombreux pour vous y représenter. Il avait, d'ailleurs, depuis l'an dernier, acquis le rôle de fondateur de l'Association française.

Je vous parlerai d'abord du congrès international d'hygiène. Il est bisannuel. En 1880 il avait siégé à Turin. En 1884, il siégera à La Haye. Cette année, Genève était le lieu du rendez-vous.

Par cela même qu'elle est internationale, l'œuvre met en contact les nations et les races, les courants d'idées et les communautés de sentiments. La discussion y dégage des rivalités qui cachent des sympathies ou des antipathies collectives. Les discours de la science s'emplissent de vigilances actives ou s'enveloppent de précautions concertées. Nous n'allons jamais là sans émotion, nous Français. Nous savons que nous rencontrerons des Allemands, et nous n'oublions pas ce que le passé nous commande d'être dans les voisinages laborieux qui nous sont ménagés près d'eux.

L'hygiène, Messieurs, a pris dans notre âge une amplitude singulière. Elle ne se borne plus à rechercher et à indiquer le régime favorable ou défavorable à la santé de l'homme. Elle envisage tout ce qui peut sauvegarder ses capacités physiques et morales; et elle entend développer au *maximum* ses énergies au milieu des nocivités inséparables des concentrations modernes. Son rôle est immense. Aussi n'a-t-elle pas trop de toutes les compétences de l'activité humaine pour reconnaître et ordonner son domaine. Aussi voyez-vous les ingénieurs, les architectes, les constructeurs, les industriels mêlés aux médecins, aux physiologistes, aux chimistes, dans les Sociétés ou les Congrès d'hygiène.

C'est donc, Messieurs, au service de cette vaste science moderne que nous étions tous engagés, lorsque nous nous sommes réunis à Genève. Genève est la ville bénie du congressiste français, qui n'a généralement que sa langue à son service. On y parle l'Allemand, mais on y préfère le Français.

Le Congrès était remarquablement organisé sous la présidence du savant

et vénérable docteur Lombard, et par les soins du promoteur, M. le docteur Dunant, secrétaire général. Nous y étions divisés en cinq sections :

1. Hygiène générale, internationale et administrative;
2. Hygiène publique, militaire et hospitalière;
3. Application de la physique et de la chimie à l'hygiène;
4. Hygiène de l'enfance et hygiène privée;
5. Démographie et statistique sanitaire.

Je vous parlerai, dans quelques instants, de la troisième section où les architectes et les ingénieurs s'étaient naturellement mêlés aux médecins. Mais laissez-moi d'abord vous dire un mot de nos séances générales. Je ne puis me rappeler, sans en être encore ému, les éclats d'applaudissements qui ont frappé les murs de la salle des actes de l'Université, quand M. Lombard a appelé à la présidence d'honneur M. Pasteur assis parmi nous sur nos bancs. Et j'entends encore, au milieu d'une attention ravie d'avance, les salves bruyantes scander en larges mesures la parole grave, précise et pleine de notre illustre compatriote. Il nous exposait dans son ensemble sa belle méthode de l'*atténuation des virus*. Il la complétait de récentes expériences encore inédites sur la salive d'individus morts de la rage. Il usait de l'occasion que lui fournissait un auditoire international pour répondre aux critiques qu'on avait faites de son œuvre à l'étranger. Tout cela était dit dans un très beau langage et débité simplement, grandement, noblement. Le principal adversaire, M. le docteur Koch, de Berlin, était là. On s'attendait à une discussion, mais le professeur Berlinois est venu dire que, parlant aussi mal le français que M. Pasteur entendait l'allemand, il n'était pas possible de poursuivre une argumentation profitable devant l'auditoire et qu'il écrirait sa réponse dans la presse scientifique. M. Pasteur est avare d'exposés d'ensemble. Ses découvertes se coupent en morceaux détachés qui gagnent l'Académie aussitôt qu'ils sont achevés. Ce fut une bonne fortune pour tout le monde et une grande joie nationale pour les Français de retrouver dans l'unité d'un morceau d'art l'idée complète du maître. On connaissait la vaccine depuis Jenner ; on a maintenant un procédé de recherches méthodiques pour atrophier les virus et pour les amener par voie de culture à un état qui permet de les inoculer au sacrifice d'une simple maladie passagère et de préserver le sujet contre une atteinte mortelle.

Cette belle séance d'ouverture a eu son complément deux jours après. Cette fois, M. Paul Bert occupait la place de M. Pasteur à la présidence d'honneur. M. Lombard venait de traiter la question de l'*influence hygiénique des altitudes* et de faire à son hôte les honneurs de ses belles découvertes en y rattachant l'argumentation de son mémoire. On ne pouvait pas forcer avec plus de grâce notre savant compatriote à l'improvisation. Ce qui fait le charme de la parole de M. Paul Bert c'est la bonne humeur gauloise avec laquelle il répand autour de lui sa large science. L'abondance des idées, la richesse des images, la vivacité du trait le servent avec une aisance imprégnée tour à tour de bonhomie ou de force, de finesse ou de

sentiment. Les belles expériences auxquelles il s'est soumis lui-même sur l'influence des pressions barométriques, le drame du ballon *Zenith*, où ses jeunes amis Sivel et Crocé Spinelli ont payé de la vie l'oubli de ses conseils, ses vues sur l'accommodation de la composition du sang aux exigences de la vie dans les grandes altitudes, tout cela nous a été présenté avec un art de parole qui a soulevé la sympathie enthousiaste de l'auditoire.

Je vous ai promis de vous entretenir des travaux de la troisième section, qui se rattachent plus particulièrement à vos études habituelles. Mais j'aperçois M. Durand-Claye qui entre dans la salle. Il se place précisément en face de moi. Eh bien, Messieurs, cela ne m'empêchera pas de vous dire que c'est lui qui a été le héros, et le héros bien justement applaudi de notre troisième section. Il y a traité en maître consommé un grand sujet, sur lequel il a plusieurs fois parlé devant vous; c'est l'expulsion et l'utilisation des vidanges dans les grandes villes. La solution est simple et ne laisse aucun doute dans l'esprit de ceux qui l'ont étudiée librement en elle-même. Mais son champ d'application est aussi vaste que son urgence est grande, et des milliers d'intérêts secondaires l'ont traversée en tous sens et en ont fait un des sujets les plus compliqués. Il a fallu toute la compétence et tout le talent de M. l'ingénieur Durand-Claye pour l'exposer en son entier avec la clarté qui a soulevé les applaudissements de la section. Cela n'a pas empêché les objections de se reproduire contre la conduite immédiate et directe des déjections hors de la ville. Mais la question est depuis longtemps jugée par les premiers hygiénistes de l'Europe, et l'expérience des grandes villes en Allemagne et en Angleterre avait déjà trop hautement parlé en faveur du « tout à l'égout » pour que la discussion poursuivie à Genève ait pu raviver le crédit des opinions opposantes. Il faut espérer, au contraire, qu'elle aidera à mettre une fin aux atermoiements fâcheux qui laissent encore subsister sous les maisons de Paris nos insalubres et malencontreuses fosses.

J'ai pu reprendre, dans la troisième section, l'intéressante question de la porosité des murs, si remarquablement posée par les expériences de M. Pettenkofer, de Munich, il y a quelques années. Nos habitations reçoivent-elles à travers ces murs des quantités d'air si notables qu'on puisse les considérer comme prenant une part importante au renouvellement des atmosphères intérieures? Est-il indispensable de ménager cette porosité? La salubrité le commande-t-elle? Faut-il, au contraire, la combattre par des enduits imperméables afin que les murs n'emmagasinent pas les miasmes qui sont le résultat de nos existences renfermées? Ces points délicats demandaient à être éclairés. Quelques expériences que, sur ma demande, MM. Hersher et Geneste ont chargé M. Somasco de faire, m'ont permis de dégager quelques suggestions favorables au maintien de la perméabilité des murs en contact avec l'atmosphère extérieure, et de la suppression de cette perméabilité dans les murs qui séparent nos habitations à l'intérieur. Je dois dire que mon opinion a rencontré des objections, qui ne peuvent guère être réduites dans le dénuement d'expérience où l'on se trouve encore.

La ville de Genève ne s'était pas contentée d'assurer la marche de son Congrès. Elle avait fait appel à tous les hygiénistes pour constituer une exposition d'objets ou de dessins relatifs aux installations favorables à la santé. Mais c'est encore M. Durand-Claye qu'il faut nommer ici. Grâce à lui, à son initiative, à ses démarches, aux autorisations qu'il a recherchées auprès de M. le Directeur des travaux de Paris, aux subsides que ses sollicitations ont obtenus du Conseil municipal, l'exposition d'hygiène de Genève, dont la ville de Paris occupait les quatre cinquièmes, a fixé pendant dix jours l'attention et l'étude des hygiénistes. On a pu y faire de nombreuses conférences devant les objets ou leurs images sur les installations d'hospices, d'hôpitaux, d'écoles, de lycées, sur les égouts, les chaussées, les distributions d'eaux, etc. Quelques-uns d'entre nous y avaient joint des envois. J'ai dû parler moi-même devant les dessins de mon éclairage unilatéral des classes d'écoles.

Enfin, Messieurs, je vous signale dans ces galeries d'exposants, une publication très intéressante de la Société de médecine publique de Paris, que vous consulterez avec fruit à l'occasion. C'est un volume composé pour le Congrès par MM. Napias et Martin, secrétaires généraux de la Société et qui contient tout ce qui s'est fait pour favoriser les progrès de l'hygiène depuis le Congrès parisien de 1878.

Je ne saurais abandonner cette grande consultation hygiénique sans vous communiquer la constatation renouvelée que nous en avons tous faite à Genève. La France aujourd'hui, cela est trop clair, ne compte guère d'alliés dans la rivalité des peuples. Mais quand les Français se montrent librement au dehors sur le champ des concours du travail, de la science ou de l'art, les sympathies s'éveillent autour d'eux et il est bien rare qu'ils ne deviennent pas bien vite le milieu où se groupent les majorités de têtes et de cœurs. N'oublions pas cela.

Avant d'aller à Genève, nous avons eu notre congrès de La Rochelle. Ici c'est différent. Nous sommes chez nous. C'est la France qui nous occupe tout entiers. C'est à elle que nous pensons directement ; c'est pour elle que nous travaillons immédiatement. Mais je n'ai rien à vous dire aujourd'hui de l'organisation et de l'esprit de l'Association française pour l'avancement des sciences. Je vous l'ai présentée en règle il y a deux ans. Vous savez que c'est un de nos outils nationaux les plus patriotiques. Votre Société s'est associée à son œuvre. Elle y avait pour la première fois ses délégués officiels cette annéee

En 1881, l'Association avait fait son étape à Alger. Cette année, elle la marquait à La Rochelle. La petite ville lui donnait dans sa grande histoire une incomparable leçon de vertus civiques.

Notre président Janssen a illustré la séance d'ouverture du congrès par son beau discours sur les *Méthodes en astronomie physique*. C'est une page qui marque une époque scientifique et qui restera. Je ne vous entretiendrai pas des travaux de nos quinze sections, mais je vous apprendrai que

celle du génie civil et militaire a traité 18 sujets, parmi lesquels je signalerai :

Une communication sur le régime du Tibre et une autre sur l'hydrologie et l'hydrométrie du Pô, par notre collègue le commandeur *Betocchi;*

Une étude sur le mouvement des sables dans la baie de La Rochelle, par M. *Bouquet de la Grye;*

Une étude sur le port de la Pallice, par M. *Thurninger;*

Une étude sur l'amélioration de la basse Seine, qui a été amorcée ici, par M. *Vauthier;*

Une étude sur les irrigations et la navigation en France, par notre collègue M. *Nivet;*

Une étude sur la transformation du travail en chaleur et réciproquement, par notre collègue M. *Casalonga;*

Une étude sur l'installation d'un réseau téléphonique, par M. *Marcheguay;*

Une étude sur les glaces de la Saône, par M. *Travelet.*

M. Douau, qui était l'un de vos délégués au congrès, m'a demandé de vous mettre au courant de l'œuvre maritime qui se poursuit à La Rochelle, et qui a été exposée devant la section, comme vous venez de le voir. Je vais lui donner la parole dans quelques instants, mais je ne puis omettre de vous dire quelques mots sur la conférence générale faite à toutes les sections réunies, par M. Bouquet de la Grye sur le *Régime hydrographique des pertuis et du port de La Rochelle.* C'est le résumé des études auxquelles cet ingénieur s'est livré avant de proposer la solution qui a été adoptée et qui s'exécute en ce moment pour constituer les abris de la marine Rochellaise. J'espère ne pas empiéter sur la communication de M. Douau.

On ne peut pas voir une étude mieux menée que celle que je vous signale. C'est en séjournant sur les lieux pendant plusieurs années, en battant la mer dans tous les sens, en recueillant les observations et les documents de toutes sources, en consultant les marins de tous ordres, en sondant les fonds et en analysant les éprouvettes marines aussi bien que les terres des côtes, des sols voisins et des massifs montagneux d'où partent les deux grands bras de la Gironde, que M. Bouquet de la Grye a réuni les bases et fixé les facteurs du difficile problème qu'il avait à résoudre. Je ne connais rien de plus saisissant que la suite méthodique des déductions qui conduisent l'auteur à fixer le régime des vents agitateurs des mers qu'il explore, le mouvement normal des eaux qui en est la conséquence, les courants destructeurs des rives, les zones de tranquillité où les fonds s'envasent, et les localités maritimes qui restent en équilibre. Chemin faisant, cette longue et belle étude dévoile d'immenses laboratoires géologiques qui constituent lentement des couches sous-marines à la manière des vieilles constitutions stratifiées. Tels les détritus du massif central et des Pyrénées qui, amenés par la Gironde, franchissent l'embouchure et s'étalent en longue bande tout le long de nos côtes occidentales en remontant jusqu'à la pointe du

Finistère. Les courants qui les entraînent les déposent tous sur les fonds de 100 mètres de profondeur qu'ils exhaussent incessamment.

Cette connaissance intime du territoire maritime de l'Ouest a conduit M. Bouquet de la Grye à fixer avec certitude la place de sécurité du nouveau port de La Rochelle, et aussi à convaincre tous les Rochelais et tous les hommes compétents. En fin de compte, on ne peut guère rencontrer un exemple plus concluant des avantages de la méthode dans l'étude, et quand on a suivi celle-ci, on ne s'étonne pas de la grande popularité que s'est acquise M. Bouquet de la Grye parmi les Rochelais. Il faut, Messieurs, avoir entendu la conférence dont je vous entretiens ou lire les mémoires de l'auteur. Je ne saurais trop vous engager à le faire.

Il est trop tard, Messieurs, pour que je vous entretienne de nos belles excursions à l'*île de Ré*, pays si curieux, si populeux (il a plus de deux habitants par hectare), si laborieux, si instruit et si honnête ; — à *Saintes*, si riche de monuments et de souvenirs ; — au port de Rochefort si péniblement étreint dans sa profonde retraite ; — à Royan, si lumineux et si gai ; — à l'embouchure de la Seudre, si mélancolique et si grandie par les soleils couchants. Ah ! tous ces contrastes sont saisissants. Mais, en s'ajoutant les uns aux autres, année par année, comme ils vous construisent dans l'esprit une France diverse et colorée ! C'est pourtant l'Association française qui vous donne cela.

Je dépose sur le bureau, Messieurs, un exemplaire des discours de M. le président Janssen et du secrétaire général du congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences, en 1882.

M. Durand-Claye. Messieurs, bien que je ne sois pas membre de votre Société, à cause de ma condition d'ingénieur de l'État, je vous demande la permission de profiter de ma présence ici à titre d'invité pour me plaindre de M. le Président. N'en étant pas justiciable, je sais, d'ailleurs, que je n'aurai pas à craindre sa férule.

M. le Président m'a chargé tout à l'heure, de compliments dont je le remercie de plein cœur. Mais, qu'il me permette de le dire ici, son exposé n'est pas complet : il a bien raconté les actions des autres, mais il a oublié de dire, ou il a bien mal dit, ce qu'il a fait dans ces deux Congrès. Il a représenté la France à Genève, et il venait déjà du congrès de La Rochelle. Je n'étais pas à ce dernier congrès, mais j'y avais des amis qui m'ont mis au courant. M. le Président s'est réellement prodigué à La Rochelle, où il était secrétaire général et où son discours d'ouverture est aussi élevé que plein d'humour. C'est d'ailleurs, ce qu'il nous montre toujours quand il parle, on le sait bien ici. Il m'a été raconté qu'il a plus d'une fois tenu tête aux maires des localités qui recevaient l'Association française chez elles.

A Genève, il a été notre excellent collaborateur, et il nous a apporté ce concours de cœur ouvert qu'il apporte dans tout ce qu'il fait. Laissez-moi, Messieurs, le bonheur de lui rendre cet hommage devant vous; c'est pour moi un devoir d'en saisir l'occasion.

Je n'étais pourtant pas venu ici pour cela. Je voulais déposer sur le bureau de la Société un travail sur l'accroissement de la population dans le département de la Seine, depuis cinq ans. Ce travail est dressé suivant le procédé graphique que M. Vauthier vous a exposé. Je prie la Société d'en agréer l'hommage.

Je ne me rassieds pas, Messieurs, sans demander à M. le Président de vouloir bien se rappeler que je ne suis pas son justiciable et sans vous prier de croire que j'ai parlé de M. Trélat.

M. LE PRÉSIDENT. Je remercie M. Durand-Claye. Mais il me permettra d'observer que la Société invite quelquefois d'aimables indiscrets sans le savoir.

M. Douau, vous avez la parole pour votre communication sur le port de La Rochelle.

M. DOUAU fait remarquer en commençant que c'est un simple compte rendu qu'il a l'honneur de présenter; il a assisté comme délégué de la Société au congrès de La Rochelle, et il tient à faire connaître le travail le plus important dont la section du Génie civil a été saisie.

Toutefois, avant de parler du port projeté de La Pallice, il lui paraît indispensable d'indiquer les installations existantes, afin de savoir s'il était utile d'entreprendre de gros travaux et de sacrifier de grosses sommes d'argent.

M. DOUAU donne, tout d'abord, une description du port ancien de La Rochelle, qui se trouve placé dans le pertuis d'Antioche, à l'Est de l'extrémité de l'île de Ré; il comprend :

1° Un havre d'échouage de 3 hectares 35 ares, avec un développement de quais utilisables de 691 mètres (non compris un gril de radoub de 63 mètres);

2° Un bassin à flot, dit « bassin intérieur, » ouvert au commerce en 1808, sa surface est de 1 hectare 35 ares et les quais accostables ont une longueur de 307 mètres (non compris une cale de carénage de 135 mètres);

3° Un deuxième bassin à flot, dit « bassin extérieur, » livré en 1862, de 3 hectares 50 ares; les quais ont 838 mètres (non compris la cale de carénage de 79 mètres).

En mortes eaux, la marée monte de :

3^{m},50 dans le havre;

4 mètres sur le radier du bassin intérieur;

5^{m},60 sur le radier du bassin extérieur.

En vives eaux, ces hauteurs s'élèvent respectivement à 4^{m},60, 5^{m},10 et 6^{m},70.

L'accès se fait par un chenal de 1.700 mètres de longueur, de 25 mètres de largeur au plafond, maintenu au moyen de dragages et de chasses à une profondeur correspondant au niveau du radier du bassin extérieur.

Si l'on passe ensuite au mouvement commercial, le relevé du port de La Rochelle montre que le tonnage a presque triplé en vingt ans (1857 à 1876). De 94.500 tonnes en 1857, il a atteint 229.000 tonnes en 1876; en 1880, il s'est élevé à 330.000 tonnes. Depuis 1862 notamment, on a pu constater une progression plus rapide, due précisément à l'ouverture du bassin extérieur; la navigation trouvant une augmentation de 1^{m},60 de profondeur d'eau par rapport au bassin intérieur.

Si on considère ensuite le classement de ce port, on voit qu'il occupe le treizième rang dans la liste générale des vingt-deux principaux ports français; sur l'Atlantique, il vient immédiatement après Bordeaux, Nantes et Saint-Nazaire. L'accroissement d'importance est donc des plus manifestes, bien que les grands navires ne puissent entrer dans les bassins, et personne n'ignore que le nombre de ces derniers augmente chaque jour dans de notables proportions.

En présence d'un tel état de choses, qui portait un préjudice très grand au commerce de la ville, on avait demandé, en 1870, la création d'un nouveau bassin; un avant-projet fut présenté en 1873, mais il n'y fut donné aucune suite.

Cependant en 1876, sous le fait de nouvelles démarches auprès de l'administration, le ministre des travaux publics prescrivit une étude générale et complète du régime de la côte, à l'effet de savoir si le chenal du port de La Rochelle pouvait être approprié d'une manière sûre et permanente aux profondeurs qu'exigerait le passage pour des navires d'un tirant d'eau supérieur à 6^{m},50. Cette étude fut confiée à M. Bouquet de la Grye, ingénieur hydrographe de la marine, et le rapport très intéressant de cet ingénieur, concluait à la création d'un bassin à grand tirant d'eau à proximité de la rade de La Pallice, au lieu dit la Mare de La Besse, à 5 kilomètres de La Rochelle.

Le travail de M. Bouquet de la Grye est considérable, et en voici un résumé sommaire qui donnera une idée de son importance.

La première partie de ce travail est consacrée à une description du port actuel et de ses atterrages, à l'étude du régime de la baie, des vents, des courants, de la nature du fond, de la quantité de vase contenue en suspension dans l'eau et du cheminement des vases ou des sables au fond de la baie.

Puis dans une seconde partie, M. Bouquet de la Grye traite des moyens à employer pour créer et maintenir dans la baie un chenal de grande profondeur.

Un chenal de 2 mètres de profondeur au-dessous des plus basses mers, dirigé suivant la ligne des feux de La Rochelle, ne pourrait être maintenu qu'à la condition d'enlever toute la couche sableuse, soit 900.000 mètres cubes, située à l'ouest de la tour de Richelieu, les Minimes et le Port-Neuf. L'entretien de ce chenal exigerait au moins 100.000 mètres cubes de dragages par an.

Quant au chenal creusé à la cote — 3, nécessaire au passage des navires

calant 7 mètres, on ne pourrait songer à l'établir rectiligne; l'envasement ne saurait être combattu même avec des dragues d'une grande puissance et des chasses, en utilisant les 40 hectares de la retenue de l'enceinte. Dans ce cas, il faudrait recourir à un tracé courbe orienté de manière à dévier le jusant dans une direction aussi rapprochée que possible de la lame du Sud-Ouest.

Enfin, dans le dernier chapitre de ce rapport, nous trouvons la proposition de créer, au nord de la pointe Chef de Baie, un bassin disposé pour recevoir les plus grands navires, et dont la construction serait relativement peu coûteuse.

Une loi du 2 avril 1880 a déclaré d'utilité publique les travaux à exécuter pour la création d'un port en eau profonde dans la rade de La Pallice, dont voici la description.

Avant-port. — L'avant-port, d'une superficie de 12 hectares 50 ares, est limité par deux jetées de 310 mètres et de 685 mètres de longueur; sa forme va en s'élargissant depuis l'entrée où la largeur est de 80 mètres jusqu'au fond, où elle atteint près de 400 mètres; elle permet ainsi l'épanouissement de la lame.

On a adopté pour la jetée du sud une forme curviligne; un éperon doit empêcher la propagation de la lame sous l'action des vents de nord-ouest.

La jetée du Nord est orientée dans le direction du Nord-Est au Sud-Ouest; un brise-lames de 325 mètres, établi entre l'amorce de cette jetée et l'écluse, servira à l'amortissement des lames réfléchies par la jetée du Sud et par l'éperon; un second brise-lames sera également établi au Sud. Le chenal sera creusé à la cote — 8 mètres ou 5 mètres au-dessous des plus basses mers.

Bassin. — Le bassin sera établi dans une dépression de 800 mètres de longueur environ sur 80 mètres de largeur moyenne, connue sous le nom de Mare de la Besse, et dont le fond est au-dessous des hautes mers. Ce vallon est ouvert assez profondément dans la roche calcaire oolithique qui affleure des deux côtes et rempli d'alluvions marines. Il sera formé :

1° D'un rectangle de 400 mètres de longueur sur 200 mètres de largeur, destiné plus spécialement aux grands navires et creusé à la cote — 7 mètres ;

2° D'un trapèze de 300 mètres de longueur sur 110 mètres de largeur moyenne, creusé à la cote — 6 mètres.

La surface totale est ainsi de 11 hectares 30 ares.

Le niveau moyen des hautes mers de mortes eaux correspondant à la cote $1^m,66$, on voit que les navires trouveront aux marées les plus faibles des profondeurs de $8^m,66$ dans la première partie, et de $7^m,66$ dans la seconde; le bassin sera donc accessible en tout temps aux plus grands navires, même à des bâtiments cuirassés, grâce aux écluses à sas qui permettront de ne pas laisser les eaux du bassin au-dessous de la cote + 2 mètres.

Le bassin sera entouré de quais en maçonnerie couronnés à la cote +5 mètres, leur développement est de 1.734 mètres; au fond on a prévu un quai élevé à 0m,50 au-dessus des hautes mers de vives eaux et bordé d'une cale inclinée qui servira pour le déchargement des bois ou pour l'abattage des navires en carène.

Écluses. — Les dispositions d'ensemble et les dimensions principales des écluses se rapprochent beaucoup de celles du nouveau bassin à flot de Bordeaux.

La grande écluse aura 130 mètres de longueur utile et 22 mètres de largeur; ces dimensions permettront le passage des navires de guerre.

La petite écluse aura une largeur de 14 mètres suffisante pour les grands paquebots à hélice. Elle sera divisée par une paire de portes intermédiaires en deux sas, l'un de 80 mètres pour les bâtiments de tonnage moyen, l'autre de 54m,10 pour les petits navires. Les deux sas réunis donneront une longueur utile totale de 142m,60.

Dans les deux écluses le radier du sas et des buses d'aval sera placé à la cote —8 mètres, niveau du fond de l'avant-port; le radier supérieur sera à la cote du fond du bassin — 7 mètres.

Nature du sol. — Le terrain dans lequel on se trouve placé appartient à la formation calcaire jurassique, les murs de quais sur 3 côtés peuvent, par suite, se faire très simplement au moyen de revêtements de la roche calcaire avec des contreforts de distance en distance.

Mais en ce qui touche le mur de quai Ouest on a dû recourir à des fondations à l'air comprimé. On se trouve en effet en travers de la dépression de la Mare de la Besse, en présence d'alluvions marines, très fluentes, connues sous le nom de *bris de mer* et dont l'épaisseur atteint 10 mètres dans l'axe de la Mare.

Les dépenses du projet définitivement arrêté s'élèvent à 19.500.000 francs se décomposant comme suit :

Avant-port et jetées, 12 millions;

Bassin et écluses, 7.500.000 francs.

La grosse question qui se pose aujourd'hui est la justification de ce port; les chiffres relatifs au mouvement commercial de La Rochelle ont montré qu'il fallait, soit en un point, soit en un autre, créer un nouveau bassin; l'accroissement du tonnage annuel est donc entré en ligne de compte pour dicter la solution à intervenir.

Mais si, d'autre part, l'on jette les yeux sur la carte de France, on trouve quatre ports principaux sur l'Océan : Bordeaux, Saint-Nazaire, Nantes et La Rochelle. Si l'on se reporte aux difficultés qui se présentent à l'entrée de ces trois premiers ports, on trouve une raison nouvelle et toute naturelle, pour la création du port de La Pallice; nul n'ignore que l'embouchure de la Gironde est dangereuse et que, par certains temps, il est impossible d'y pénétrer. Les ports de Saint-Nazaire et de Nantes n'ont guère une situation

plus avantageuse, les envasements qu'on rencontre à l'embouchure de la Loire, sont considérables, de sorte qu'après avoir fait des travaux importants à Saint-Nazaire, on se demande comment on pourra faire pour maintenir le chenal d'entrée du port à peine achevé. La Rochelle se trouve dans de meilleures conditions et un certain nombre de navires viendraient y relâcher, ou y aborder s'il y avait possibilité. La meilleure preuve, c'est qu'en cas de gros temps les bâtiments qui ne peuvent doubler la pointe de La Coubre pour entrer dans la Gironde, viennent se jeter dans le pertuis d'Antioche, soit pour entrer dans le port, soit pour se mettre à l'abri dans la rade de La Pallice.

Enfin, la question de distance d'un port de mer a également son importance. Si l'on relève les distances par chemin de fer qui séparent la région industrielle du Centre, pour Lyon, Genève, le nord de l'Italie, des ports de l'Océan, on trouve un avantage marqué pour celui de La Rochelle.

M. Douau fait observer, en terminant, que le sujet était très vaste et délicat à traiter : il s'est contenté, comme il l'a dit en commençant, d'un simple résumé; il croit toutefois que, dans une question de cette nature, alors qu'il s'agit de créer un port dans tel ou tel point du territoire, il faut voir les choses de haut et au point de vue de l'intérêt général du pays; il faut mettre de côté les questions de clocher.

Aujourd'hui, la question de la marine est devenue absolument nationale et M. Douau croit que les travaux considérables qui s'exécutent, dans cette voie, offrent un grand intérêt et doivent attirer l'attention.

M. le Président. Le travail de M. Bouquet de la Grye est très vaste, et M. Douau ne nous a présenté que la partie finale de son travail. Il est bien dommage qu'il soit, dans ce moment-ci, occupé à observer Vénus de l'autre côté de l'Atlantique, parce qu'il nous parlerait de son étude.

M. Cotard. M. Douau n'a pas parlé des voies ferrées qui devront desservir le nouveau port.

M. Douau fait remarquer que les renseignements qu'il a donnés sont relatifs au nouveau bassin. Dans le plan primitif, en ce qui concerne les quais, on avait indiqué une largeur de 100 mètres. A la suite des travaux faits par M. Sartiaux et publiés par la *Revue générale des chemins de fer*, on a porté cette largeur à 200 mètres. C'est près du quai Nord et dans la partie la moins large du bassin que doit être établie la gare maritime.

Les communications avec la ville doivent nécessairement être modifiées; aujourd'hui nous trouvons en effet la simple route de La Leu. Cette route, après avoir traversée Saint-Maurice, aboutit à La Rochelle qui, malheureusement ou heureusement, selon le point de vue auquel on se place, est une ville fortifiée qui a conservé son caractère, et M. le Président signalait tout à l'heure cette particularité, de sorte qu'il y a quelques exigences du service militaire en ce qui touche les voies nouvelles qui devront être établies. Puis il y a également une autre question : elle est relative à la communauté de gare entre le réseau d'Orléans, d'une part, et le réseau de l'État, d'autre part. On s'est arrêté, comme voie ferrée, à un projet qui

consiste à suivre une direction parallèle à la route de La Leu, puis tourner vers le Nord, on viendrait passer en tunnel sous les fortifications Nord et Est de la ville; on traverserait ensuite en écharpe l'ouvrage à cornes, pour aboutir en un point situé entre la gare *terminus* du chemin de fer d'Orléans et celle du réseau de l'État, de manière à donner satisfaction aux demandes formulées par le commerce. Ce sont là des projets à l'étude, ils ne sont pas définitifs; on a indiqué simplement le port à créer, sans s'inquiéter des moyens de communication.

M. le Président. M. Cotard, vous avez demandé la parole ?

M. Cotard. J'en ai abusé pour dire un mot; j'ai traduit peut-être d'une manière excessive un sentiment que j'ai éprouvé en écoutant la communication de M. Douau, c'est qu'il est regrettable qu'on n'ait pas trouvé le moyen d'améliorer le port actuel de La Rochelle, et s'il faut mettre un port à cinq kilomètres d'une ville, il faut que ce port soit en communication avec la ville; et, sur ce point-là, la question a été à peine effleurée par M. Douau. Cette question a déjà été traitée un peu ici, je me proposais d'insister sur ce point, et j'ai été ému en entendant dire à M. Douau qu'on ne s'était pas occupé de cette question de réunir un port, qui est peut-être bien placé au point de vue hydrologique, à la ville.

M. Douau regrette de ne pouvoir donner une réponse satisfaisante à M. Cotard; son rôle, et il répète ce qu'il a dit précédemment, a été de faire un compte rendu des travaux qu'il a visités, il ne peut donc parler de choses qui n'existent pas. Un fait certain c'est que le chemin de fer n'a point été prévu dans le devis des travaux; c'est là une question réservée, et M. Douau ne peut qu'indiquer le projet qui sera sans doute adopté et la ligne qui doit être suivie pour assurer la communication entre le port de La Rochelle et la gare à proximité des bassins actuels.

M. Cotard. Je demanderai à M. Douau de décrire la topographie du terrain. Nous savons que M. Bouquet de la Grye ne recule pas devant les solutions hardies; il serait intéressant de savoir si on pourrait établir une communication entre le chenal et ce port?

M. Douau répond que c'est là un point qui a été indiqué par M. Bouquet de la Grye dans la conférence mentionnée dans le compte rendu de M. le Président; cet ingénieur croit que ce nouveau port rendra de très grands services, que même, dans un avenir plus ou moins rapproché, il sera devenu insuffisant, et qu'il sera nécessaire d'acquérir les terrains indispensables pour en augmenter l'étendue et le développement. Or, les terrains voisins sont à la cote + 2 ou + 3, il y a une dépression très sensible, de telle sorte, qu'à un moment donné, on continuerait, d'après M. Bouquet de la Grye, par un canal d'une largeur de 50 mètres environ, le bassin de La Pallice pour rejoindre un nouveau bassin créé dans le bas-fond dont il vient d'être parlé; plus tard enfin, une digue réunissant les deux rives de la baie dans la direction de la tour Richelieu à la pointe des Minimes, servirait à créer un port colossal et unique au monde; tel est le projet qui, dans le sens le plus

large à concevoir, donne la solution d'une communication maritime entre les bassins actuels et ceux en construction.

M. le Président. Cette question est très intéressante; je regrette que M. Vauthier ne soit pas ici, car il a engagé et entretenu à ce sujet une discussion avec M. Bouquet de la Grye, en faisant intervenir ces considérations qui viennent immédiatement, en effet, à l'esprit. Il est clair, lorsqu'on étudie les campagnes qui ont été faites, dans ce pays d'hommes ardents et persistants, comme ils l'ont prouvé dans toute leur histoire, il est clair que les Rochelais ont commencé leur port : ils ne croient pas avoir fait autre chose à l'heure qu'il est. Ils ont été convaincus par M. Bouquet de la Grye qu'il n'y a de port possible qu'à La Pallice. On va dépenser 19 millions, mais ils savent bien que cela ne suffira pas. On est à 4 kilomètres de la ville, il n'y a pas de communication! Il faut les prévoir. C'est là le sujet de M. Vauthier. Il disait : c'est commencé, c'est entendu; mais vous aurez des acquisitions de terrains formidables si vous laissez construire maintenant, tandis que, si vous achetez aujourd'hui, vous payerez moins cher. C'est une solution nécessaire et fatale. Occupez-vous-en dès aujourd'hui. Le conseil est très judicieux, mais nous ne pouvons constater qu'une chose d'ici : c'est que le reliement des bassins projetés se fera aisément, sinon économiquement, par des développements de bassins nouveaux.

M. Gaudry. Messieurs, nous ne pouvons qu'applaudir aux grands travaux dont M. Douau vient de rendre compte. Nous venons de voir qu'après avoir occupé successivement le vingtième et le septième rang, nous sommes arrivés maintenant au troisième rang de la navigation, nous avons besoin de port, et surtout de port bien outillé; car un port mal outillé ressemblerait à un chemin de fer qui n'aurait ni locomotives, ni moyens d'exploitation. Nous avons vu que le port de La Rochelle est important, car le commerce a pris une grande extension ; pour ne citer qu'une seule compagnie, la Compagnie d'Orbigny, qui a commencé, il y a dix ans, avec un navire, en a quatorze à vapeur aujourd'hui; à La Rochelle, un port est nécessaire pour la marine et pour les charbons; encore une fois, on ne peut qu'applaudir à cette pensée d'établir un port en eau profonde où l'on pourra arriver à toute heure.

Je voudrais faire une observation, en même temps. Je vois avec un peu de peine que, au lieu de s'attacher à faire un port, deux ou trois ports bien complets et en peu de temps, on travaille partout à la fois, de façon qu'on n'aura aucun de ces ports-là peut être avant dix ans. Je voudrais voir concentrer les efforts sur un point; un autre port viendrait ensuite. Je ne parle pas du port de Saint-Nazaire, dont on a fait le procès, ni du port du Havre.

A Saint-Nazaire, on a fait un bassin magnifique, mais il n'y a pas d'entrée, et il n'est pas question de la faire; il n'y a pas d'entrée dans le bassin, qui l'attend depuis deux ans. Je regrette voir ainsi se disséminer l'activité des ingénieurs sur un si grand nombre de points, lorsqu'il me semble que, à l'imitation de l'Angleterre et de la Belgique, on devrait

s'attacher à faire quelques ports au plus vite. Je ne critique pas tout ce qu'on dit de La Rochelle, on dit que le port est bien placé; que Bordeaux devient impossible; que Saint-Nazaire ne pourra pas donner ce qu'on espérait; par conséquent, je voudrais cependant voir pousser ces travaux avec une grande activité.

M. le Président. Il y a 19 millions aujourd'hui.

M. Douau fait remarquer que les travaux doivent être faits dans le délai de trois ans; en ce qui concerne le bassin proprement dit, il est creusé dans une grande partie de son étendue, on n'a point eu de difficultés à surmonter, sauf pour les fondations du quai Ouest, ainsi les épuisements ont été peu importants; on les fait avec une machine qui débite 7 mètres cubes par minute. Dans ces conditions il y a lieu d'espérer que les vœux formulés par le commerce de La Rochelle seront réalisés et ils répondent au sentiment qui vient d'être exprimé ici même par M. Gaudry.

M. Dallot. Il est évident que les trois kilomètres séparant la ville du port se couvriront rapidement de constructions, et que La Rochelle s'étendra ainsi jusqu'au nouveau port. C'est la solution qui s'impose, les communications entre chemins de fer se font bien; quant aux communications entre la ville et le port, les fortifications ne les gêneront en rien, elles tomberont et la ville s'étendra jusqu'au port, qui sera protégé par des fortifications d'un autre ordre d'idées.

M. le Président. C'est justement la pensée des Rochelais.

MM. Dodement, Latinis, Résimont et Walrand ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à dix heures et demie.

CHRONIQUE

Sommaire. — La houille dans la Turquie d'Asie (*Suite et fin*). — Utilisation de la chaleur souterraine. — La houille en Suède. — Le trafic du Gothard. — Distillation de l'eau de mer à Alexandrie. — Société des Ingénieurs Allemands. — Appareils de sécurité sur les chemins de fer suisses. — Tiroirs en bronze phosphoreux.

La houille dans la Turquie d'Asie (*Suite et fin*). — Le bassin houiller de Bender-Eregli a une longueur de près de 105 kilomètres de l'est à l'ouest, sur une largeur de 8 à 11 et il monte à 300 mètres environ au-dessus du niveau de la mer. Il a été étudié, il y a quelques années, par deux géologues anglais, M. H. G. Longridge et le capitaine T. Spratt. On a reconnu sur cette étendue un grand nombre de veines, dans lesquelles, toutefois, se rencontrent des failles qui font varier l'inclinaison entre 30 et 90 degrés. La puissance varie également beaucoup entre un mètre et quatre mètres. La roche qui enveloppe les veines contient de nombreuses traces de végétaux appartenant à la période carbonifère pure. Brongniart a reconnu à Koslu un grand nombre d'espèces fossiles.

Les travaux les plus importants ont été faits dans la vallée de Koslu qui, près de la mer, a 400 mètres de largeur et qui s'élève en pente douce sur trois kilomètres pour aboutir à une vallée étroite de deux kilomètres, où on rencontre la roche carbonifère. Sur les deux côtés se trouvent des affleurements de charbon, surtout à l'est, où M. Berkley commença dès le début son exploitation. On trouve six veines, dont la plus puissante a $2^{m},25$ d'épaisseur, et se compose de trois couches de $0^{m},58$, $0^{m},36$ et $0^{m},96$ d'épaisseur, séparées par des nerfs rocheux de $0^{m},18$ et $0^{m},13$. La puissance des autres veines varie entre $1^{m},50$ et 2 mètres. La roche se compose principalement de grès avec des conglomérats et des schistes.

L'affleurement de Koslu, qui communique avec la côte par le tramway établi par M. Berkley donne, dit-on, 20,000 tonnes par an, et on pourrait avoir facilement cinq fois autant à un endroit appelé Armoudschok, à l'est de Koslu, où on a reconnu une veine de charbon de 5 mètres et cinq ou six autres de $1^{m},50$ à 2 mètres, et M. Spratt estime que, rien que dans le Soungoul-Dagh, où les Français firent leurs travaux en 1854, il y a au-dessus de la vallée de 100,000 à 120,000 tonnes de bon charbon.

Près de la mer, à l'est de la vallée, on trouve d'autres gisements de 3 mètres à $3^{m},50$ de puissance, qui ont également été exploités en 1854, et, en remontant la vallée, à 7 ou 8 kilomètres, on trouve des filons de 3 à 4

mètres d'épaisseur de charbon dur de très bonne qualité, qui n'ont jamais été exploités, et qui pourraient être très facilement reliés à la côte par un petit chemin de fer. Plus loin, à l'est, on trouve encore d'autres gisements de combustible de qualité inférieure, jusqu'à ce qu'à Tschataldschi, à 45 kilomètres à l'est de Koslu, on trouve la fin du bassin par l'affleurement du calcaire carbonifère.

A l'ouest de Koslu et près d'Eregli, on reconnaît encore des filons de houille; à Tschambli, à six kilomètres, il y en a un de 1^{m},30 de puissance; à deux kilomètres plus loin, un de 4 mètres, mais coupé par des lits rocheux. Près de Tschouschasar, sur l'autre côté de la montagne, on rencontre, dans une vallée, une forte couche de bon charbon et, plus loin, une autre de 2^{m},50 à 3 mètres, mais de qualité inférieure, contenant des pyrites de fer, ce qui a fait rejeter ce combustible par la flotte anglaise en 1854, bien que l'amiral Boxer ait déclaré que le charbon provenant des autres veines était excellent. Dernièrement on a trouvé tout près de Koslu, et à l'est, dans la montagne, une couche de 2^{m},50, presque verticale, de très bon charbon.

Le charbon d'Eregli est, en général, de très bonne qualité; il est dur, bitumineux et produit du coke excellent. D'après les analyses de M. Verollet et du professeur Hitchcock, il contient de 5,80 à 6,90 pour 100 de cendres, 30,90 à 31,80 de matières volatiles et donne de 60,26 à 62,40 pour 100 de coke dur.

A 35 kilomètres à l'est du bassin houiller d'Eregli, on trouve le bassin moins important de Amasri et de Tirla-Asi, qui a été exploré, il y a presque trente ans, par M. G. Schlehan. Il a 7 à 8 kilomètres de longueur et 4 à 5 de large. Le charbon est recouvert par du calcaire plus récent, probablement des formations jurassique ou crétacée, et n'affleure que dans cinq points qui se suivent de l'est à l'ouest. Près de la ville d'Amasri, dans le grès houiller, on trouve une veine de 25 millimètres inclinée de 10 degrés et autour de la base du Gumukoï on trouve d'autres affleurements. Au village du même nom, on reconnaît un filon de 2^{m},20 à 2^{m},72, avec deux nerfs de schiste de 0^{m},42 et 0^{m},75; le charbon est en lames, mais peut encore donner de 40 à 50 pour 100 de gros. Au-dessous se trouve une couche de 1 mètre d'épaisseur, qui avait été, à l'origine, exploitée par les Turcs, puis une autre de 0^{m},20 à 0^{m},30 de bon charbon et, enfin, une quatrième de 1^{m},30.

A Schinuli, on trouve d'abord plusieurs petites veines de 0^{m},25 à 0^{m},30, puis une couche de 1 mètre à 1^{m},30, et une autre de 2^{m},20 à 3^{m},30, composée de deux veines, séparées par du schiste, et qui a été également exploitée par les Turcs. Tout à fait à l'ouest, à Tirla-Asi, on rencontre un terrain composé de grès, de schistes argileux et de schistes bitumineux, avec des débris végétaux, et six veines de houille. En partant de la partie supérieure, ces veines se succèdent dans l'ordre suivant : une de 1^{m},50 à 2^{m},20, avec quelques nerfs schisteux ; une de 2^{m},30 à 2^{m},80, avec deux nerfs schisteux; une troisième de 0^{m},30 à 0^{m},50; une de 1^{m},30 à 1^{m},60; une

de bon charbon de 1 mètre à 1m,30 et, enfin, la dernière de 1 mètre à 1m,30, mélangée de schiste bitumineux. Au-dessous il y a encore quelques petites veines sans importance. De même que du côté de Bender-Egli, la formation houillère est troublée par un grand nombre de failles, mais le charbon est, en général, de qualité inférieure et contient plus de pyrites de fer.

On trouve encore le terrain houiller plus à l'est, dans le voisinage de Tueboli, près de la côte et non loin de Sinope, à Kérasonde et Bujuk-Liman, et, enfin, à 12 kilomètres à l'est de Trébizonde, à Kovata. On l'a reconnu à ces divers endroits au-dessous des roches calcaires qui le recouvrent, mais il peut s'étendre bien plus loin.

Comme on l'a dit dès le commencement, les gisements de houille de la Turquie d'Asie ont été exploités jusqu'ici d'une manière barbare, et la plus grande profondeur qu'on ait atteint est de 80 mètres. L'excellente qualité des charbons d'Anatolie doit y faire attacher une importance d'autant plus grande que, comme il est bitumineux, il donne un coke dur qui peut être employé pour tous les usages métallurgiques et industriels. D'après les analyses du docteur Lyon Playfair et du professeur Hitchcock, le charbon d'Amasri contient 3,50 et le charbon d'Eregli 5,80 pour 100 de cendres, et tous deux valent, comme puissance calorifique, les meilleurs charbons de Newcastle.

Si ces bassins étaient exploités d'une manière convenable, ils alimenteraient toute la navigation de la mer Noire, du Bosphore et même du Danube, et fourniraient le seul combustible convenable pour la fabrication du fer et de l'acier; or, ces contrées abondent en minerais de fer de qualité supérieure, pouvant rivaliser avec ceux de Bilbao et de Mokta-el-Hadid.

(*Engineering.*)

Utilisation de la chaleur souterraine. — On a proposé plusieurs méthodes pour utiliser la chaleur interne de la terre et, si on considère que la température croît de 1 degré centigrade par 30 mètres de profondeur (ce chiffre varie beaucoup suivant les endroits), on conçoit facilement que ce soit possible. Mais on peut se demander s'il sera jamais plus économique de prendre la chaleur sous nos pieds au lieu d'extraire et d'utiliser la chaleur solaire enfouie et condensée dans le sol sous forme de dépôts de houille. Il est probable que le creusement de puits assez profonds pour y faire bouillir de l'eau et produire de la vapeur donnerait pour cette vapeur un coût plus élevé que de la vapeur produite simplement par la combustion du charbon; toutefois, en prévision de l'épuisement futur des houillères, on peut penser d'avance à cette solution. Il semble que les Américains, avec leur caractère hardi, étaient désignés pour tenter les premières expériences dans cet ordre d'idées; mais ils ont été devancés par les Japonais, qui s'occupent sérieusement d'utiliser les sources d'eaux chaudes des environs de Tokio comme moyen de production de chaleur et de force, et également de mettre à profit la chaleur du sol.

Le sujet a été traité dans le sein de la Société séismologique du Japon, qui s'occupe spécialement de la question des tremblements de terre. Dans un pays où la présence des sources d'eau chaude et la fréquence des tremblements de terre indique une augmentation beaucoup plus rapide de la température avec la profondeur, la chose serait évidemment plus facilement réalisable. On a même mis en avant la question de savoir si l'extraction de la chaleur souterraine n'aurait pas, en outre, pour résultat de diminuer dans une certaine mesure la fréquence et l'intensité des tremblements de terre. Il y a là un sujet très intéressant et, lors même qu'on n'arriverait pas de suite à une solution pratique, il n'en résulterait pas moins des données très intéressantes pour la science.

La houille en Suède. — L'industrie houillère est longtemps restée dans l'enfance en Suède, bien qu'on connût l'existence dans ce pays de combustible fossile de qualité exceptionnelle. Le manque de moyens de communication et l'éloignement des gisements de charbon des centres industriels, ont empêché longtemps le développement de l'exploitation des houillères. Mais depuis plusieurs années les mines de Horgenaes ont donné des résultats qui prouvent que cette exploitation peut être très fructueuse, et depuis il y a eu une augmentation notable dans le nombre des houillères exploitées. On peut citer entre autres celle de Bosurp, de Billesholm, de Skromberga, de Bjuf qui paraissent devoir prendre un développement important.

Le bureau de statistique de l'industrie en Suède a récemment publié un rapport sur l'extraction de la houille dans le pays pour les douze années jusqu'à 1880. Voici les chiffres extraits pour chacune de ces années.

ANNÉES.	TONNES.
1869	46.700
1870	36.550
1871	41.510
1872	38.470
1873	50.130
1874	56.860
1875	63.900
1876	76.950
1877	93.510
1878	92.290
1879	101.750
1880	100.370

On voit d'après ces chiffres que la production des six premières années a été en total de 270,170 tonnes, et que celle des six dernières a été en-

semble également de 528,770, soit très sensiblement le double. Il paraît que ces charbons ne contiennent pas de phosphore et brûlent sans donner de mâchefer, et ne laissent qu'une proportion exceptionnellement faible de cendres, on les emploie actuellement sur les chemins de fer.

(*Colliery Guardian.*)

Le trafic du Gothard. — Nous avons donné dans la chronique de juillet, page 100, une note sur l'importation du charbon anglais dans le nord de l'Italie, dans laquelle nous disions qu'il serait intéressant de voir quelle influence aurait sur cette importation l'introduction des charbons allemands par la ligne du Gothard.

L'ouverture de cette ligne a déjà produit une augmentation considérable du trafic entre l'Allemagne et l'Italie, et paraît devoir donner des résultats inattendus sous certains rapports. Ainsi, dans les deux premiers mois, les transports de charbons allemands qui n'existaient pas auparavant se sont élevés à 40,000 tonnes; si ce taux ne faisait que rester le même, il correspondrait à 240,000 tonnes par an, soit déjà la moitié du chiffre total de l'importation du charbon anglais par Gênes. On a également eu des augmentations importantes pour d'autres marchandises; telles que les spiritueux, les fers bruts, les machines, le papier, etc., 76 wagons construits en Allemagne pour l'Italie ont passé le grand tunnel dans les deux premiers mois de son ouverture. L'Italie envoie, de son côté, en Allemagne ou dans le nord de la Suisse, des fruits, légumes, raisins, confiseries, du vin et des bestiaux. Mais la question pour laquelle on déploie le plus d'activité est celle du transport du charbon. Les Allemands se proposent d'établir de grands entrepôts à Locarno, à Luino et à d'autres endroits situés sur les lacs italiens. Comme Milan est en communication avec les lacs par un système de canaux, on obtiendra une économie sérieuse, 3 francs, dit-on, par tonne, à décharger le charbon du chemin de fer à Locarno et à le transporter par eau à destination. Les Anglais se désolent à l'idée de voir des localités aussi délicieuses que Locarno et Luino converties en dépôts de charbon, et le lac Majeur et le lac de Lugano sillonnés par des flottes de charbonniers, mais il est probable qu'ils voient autre chose que l'intérêt du pittoresque et du touriste. Le marchand de charbon est derrière. Mais ces considérations ne sont pas de nature à arrêter les Allemands.

Voici quelles ont été les recettes de la ligne du Gothard pendant les premiers mois de son ouverture, comparées avec les recettes correspondantes des mois précédents où les petites sections tessinoises étaient seules en exploitation, et l'augmentation par rapport à l'année dernière :

DÉSIGNATION.	AVRIL.	MAI.	JUIN.	JUILLET.	AOUT.	SEPTEMBRE
Voyageurs	66.100f	71.200f	330.000f	423.000f	594.000f	579.000f
Marchandises	26.600	27.700	271.000	317.000	356.000	386.000
Total	92.700	98.900	601.000	740.000	950.000	965.000
Recette kilométrique par mois	918	907	2.404	2.960	3.800	3.860
Nombre de kilomètres en exploitation	83	83	250	250	250	250
Augmentation pour 100 sur l'année précédente	11,3	9,3	190	228	259	247

Distillation de l'eau de mer. — Les journaux anglais ont donné d'intéressants détails sur les installations qui ont été faites à Alexandrie pour obtenir de l'eau douce pour l'alimentation de l'armée d'occupation et de la population lorsque le barrage du canal Mahmoudieh eut empêché l'accès de l'eau du Nil. C'est probablement l'installation la plus considérable qui ait jamais été faite. Il est vrai de dire que les Anglais disposaient, comme matériel et personnel, de puissants moyens d'action. On ne pouvait songer à employer des appareils distillatoires ordinaires de navires et autres qui n'auraient donné que des quantités d'eau douce relativement insignifiantes.

L'établissement le plus important fut établi dans les ateliers de la compagnie de pressage de coton d'Alexandrie au Gabbari. On trouva là cinq chaudières à vapeur très bien installées dont quatre furent affectées à la production de la vapeur à condenser. Deux réservoirs en fer existants reçurent des serpentins en fer, les uns de 25 millimètres de diamètre et les autres de 50 millimètres. L'eau de refroidissement était amenée dans les cuves par une conduite où elle était refoulée depuis le port, soit 250 à 300 mètres de distance, par une pompe centrifuge et une locomobile,

Cette pompe débitait 40 mètres cubes à l'heure. Les condenseurs donnaient l'un 30,000, l'autre 40,000 litres d'eau distillée par jour.

Comme les chaudières pouvaient vaporiser beaucoup plus d'eau, on fit faire par les charpentiers de la flotte une troisième cuve en bois où furent placés deux serpentins en fer de 50 millimètres de diamètre. L'eau fut amenée dans la cuve par une conduite spéciale de 100 millimètres alimentée par une pompe centrifuge et une locomobile de 8 chevaux. Ce dernier appareil, qui n'a jamais été utilisé dans toute sa puissance, pouvait donner au moins 60,000 litres par jour.

L'eau sortant des serpentins tombait dans des caisses en fer blanc percées de trous qui la répandaient en pluie au-dessus de grands réservoirs en bois d'une capacité totale de 80,000 litres.

Cette manière d'opérer avait pour but de rafraîchir l'eau et de l'aérer. De ces réservoirs partaient des rigoles ouvertes placées à une hauteur suffisante pour remplir les caisses à eau sur roues et les auges à faire boire

les chevaux; des réservoirs en fer de plus petite capacité recevaient l'eau que les hommes y prenaient directement pour boire, faire la cuisine, etc. Ces installations ont permis d'obtenir 8 litres d'eau distillée pour 1 kilogramme de charbon brûlé sous les chaudières, y compris le charbon nécessaire pour les machines d'alimentation et auxiliaires.

Un second établissement distillatoire fut organisé à l'Arsenal, et il le fut d'une manière très originale. Il y avait une vieille forme sèche, hors d'usage et remplie d'eau. Les chaudières, très vieilles également, de la machine d'épuisement de cette forme furent utilisées comme générateurs. On y ajusta trois tuyaux en fer de 75 millimètres de diamètre qui arrivaient jusqu'aux bords de la forme, là chacun des tuyaux se divisait entre trois de 35 millimètres, lesquels étaient courbes pour descendre sous l'eau dans la forme et remonter de l'autre pour aboutir tous à un réservoir en fer. On obtenait par ce moyen une surface de condensation de 30 mètres carrés. La production journalière était de 70,000 litres, mais on n'obtenait que 5,5 litres d'eau par kilogramme de charbon. Ce résultat médiocre est attribué à la mauvaise disposition des chaudières et à leur vétusté, mais il est bien possible aussi que, si la masse d'eau représentée par le volume de la forme était considérable, il n'y eut qu'un renouvellement très faible de cette eau. L'eau douce obtenue était distribuée comme au Gabbari.

Un condenseur spécial, venu de Malte, fut installé sur la jetée de l'Arsenal, il donnait une quantité relativement faible d'eau à raison de 7 litres par kilogramme de combustible.

On disposa également un navire à vapeur, le *Maulkins Tower*, pour distiller de l'eau avec ses condenseurs à surface; l'eau sortant des condenseurs tombait dans les doubles fonds à lest du navire qui pouvaient contenir 200 mètres cubes et était de là refoulée par des pompes dans des caisses à eau placées sur le quai le long duquel le navire était amarré. On obtenait ainsi 70,000 litres d'eau douce par jour à raison de 6,5 à 7 litres par kilogramme de combustible.

Enfin pour les besoins du palais, qui ne compta jamais moins de deux mille cinq cents personnes, on disposa le yacht du khédive le *Mahroussa* pour fournir de l'eau avec les condenseurs à surface de ses puissantes machines. Il pouvait donner 250,000 litres d'eau par jour. En dehors de cette ressource d'une affectation spéciale, les diverses installations énumérées ci-dessus pouvaient donner 330,000 litres par jour, c'est-à-dire une quantité notablement supérieure aux besoins de l'armée et de la population présente à Alexandrie à ce moment. Il fallut quinze jours pour achever les installations, mais on aurait pu déjà obtenir de l'eau douce huit jours après le commencement des travaux, s'il eût été nécessaire. Tout le service était fait par le personnel de la marine, mécaniciens, charpentiers, artificiers, etc.

Société des Ingénieurs allemands. — Nous avons donné dans la chronique d'août 1881, page 160 quelques renseignements sur le rapide

développement qu'a pris la grande Société des Ingénieurs Allemands. Nous croyons intéressant, pour donner une idée des ressources dont dispose cette Société, de reproduire son budget de 1883 tel qu'il a été présenté à la dernière assemblée générale tenue à Magdebourg le 28 août de cette année.

A. *Recettes.*

1.	Droits d'admission de 200 membres nouveaux à 12 fr. 50.	2,500	fr.
2.	Cotisations de 4,600 membres à 18 fr. 75.	86,250	
3.	Produit des annonces.	31,875	
4.	Abonnements et vente de numéros.	6,875	
5.	Intérêts des dépôts de fonds.	1,250	
	Total.	128,750	fr.

B. *Dépenses.*

1.	Part des groupes dans les droits d'admission.	750	fr.
2.	Cotisations perdues.	1,250	
3	Appointements, frais de bureaux, frais de voyage, etc. . .	24,375	
4.	Impression des publications mensuelles et hebdomadaires.	56,250	
5.	Honoraires pour la rédaction.	12,500	
6.	Affranchissement des publications.	13,750	
7.	Indemnités.	2,500	
8.	Impressions diverses.	2,187	50
9.	Journaux, etc.	1,437	50
10.	Dépenses diverses, commissions, etc.	3,750	
11.	Secours et dépenses pour les assemblées générales. . . .	3,750	
12.	Dépenses pour les réunions du comité de direction. . . .	5,000	
	Total.	127,500	fr.

Il est à peine besoin d'indiquer que la singularité de quelques-uns de ces chiffres tient à ce qu'ils proviennent de la réduction de marks en francs.

Les recettes de l'année 1881 s'étaient élevées à. . . . . . 116,345 fr.
et les dépenses à. 115,486

Dans les premières figure une somme de 22,143 francs payée pour annonces par la maison de publicité bien connue Haasenstein et Vogler. Dans les secondes le bulletin mensuel (*Zeitschrift*) figure pour 36,916 francs et le bulletin hebdomadaire (*Wochenschrift*) pour 26,591 francs.

Le nombre des membres de la Société était de 4,260 contre 3,959 pour l'année précédente, soit une augmentation de 301. Le secrétaire général est actuellement M. Th. Peters.

Appareils de sécurité sur les chemins de fer suisses. — L'application des appareils pour la sécurité de l'exploitation des chemins

de fer était jusqu'ici laissée, en Suisse, à l'appréciation des compagnies de chemins de fer.

Le département fédéral des chemins de fer vient, d'une façon qui mérite une approbation sans réserve, de prendre l'initiative de prescrire aux compagnies l'emploi des moyens les plus répandus et les plus appréciés pour la sécurité de l'exploitation ainsi que cela se pratique dans d'autres pays.

Voici le texte de la circulaire adressée à toutes les compagnies de chemins de fer.

« Les interruptions dans le trafic qui se sont produites à diverses reprises dans ces derniers temps, par suite de fausses manœuvres ou de dispositions défectueuses qui sont des causes de danger, obligent le département soussigné à rappeler aux compagnies de chemins de fer la stricte observation des règlements en vigueur, notamment la partie relative à la durée de travail du personnel et à prescrire l'application, sans plus de retard, des moyens techniques connus et appréciés actuellement pour la plus grande sécurité de l'exploitation sur les lignes principales de l'étranger. »

Ces moyens comprennent :

Les *signaux à cloche* pour annoncer aux surveillants de la voie, aiguilleurs, garde-barrières, etc., l'approche d'un train et, en cas de besoin, pour faire au personnel de la ligne certains signaux de détresse comme, par exemple, lorsque les voies sont obstruées,

Ces signaux offrent une plus grande garantie pour la circulation et remplacent avantageusement les signaux primitifs par corne, qui souvent n'étaient pas entendus de ceux qu'ils devaient prévenir.

Les *signaux de block absolu* doivent être établis aux moyens de postes pour régler les distances entre les trains qui se suivent dans la même direction, surtout lorsqu'à certains moments, d'après les horaires, ces trains doivent se suivre à des intervalles moindres de dix minutes.

Les stations ordinaires seront considérées comme postes du block-system et il ne devra jamais se trouver plus d'un train sur la même section.

La *solidarité des aiguilles et des signaux*, pour la protection des stations, doit être appliquée à toutes les stations, gares ou raccordements et bifurcations où passent des trains de voyageurs..

Cette solidarité a pour but de ne permettre l'entrée des stations aux trains que lorsque les aiguilles sont bien placées.

Des *freins continus* de grande puissance et qui pourront, en cas d'urgence, être appliqués par n'importe quel agent du train, devront être installés en nombre suffisant sur chaque train, de façon à pouvoir amener, en toute circonstance, l'arrêt prompt et sûr de ce train.

Ces dernières dispositions devront être appliquées sans retard à tous les trains express (schnellzügen) circulant sur les lignes principales.

Les dispositions susmentionnées devront être appliquées d'ici à la fin de l'année 1884 sur tous les chemins de fer suisses qui n'auront pas, en

raison du caractère secondaire de leur exploitation ou d'autres conditions spéciales, obtenu, sur leur demande, une dispense du département des chemins de fer.

Le département invite les compagnies de chemins de fer à lui communiquer les mesures qu'elles comptent prendre pour satisfaire aux conditions imposées par les présentes.

Avec haute considération,

Le Département fédéral des Postes et Chemins de fer.

Signé : Welti.

Berne, 14 octobre 1882.

Tiroirs en bronze phosphoreux. — Voici quelques renseignements intéressants sur la durée de tiroirs en bronze phosphoreux montés sur des machines locomotives du North-Eastern Railway.

La machine express n° 845 a fonctionné six ans et demi avec ces tiroirs, et a parcouru pendant ce temps 420,000 kilomètres. On a dû enlever les cylindres pour les remplacer par un autre modèle. L'ingénieur adjoint de la traction, M. Fletcher, dit à ce sujet que, sauf ce changement, causé par des circonstances spéciales, les tiroirs auraient encore duré longtemps. La machine express n° 844 a fait, depuis le 20 avril 1876, avec des tiroirs en bronze phosphoreux, 380,000 kilomètres; les bandes de tiroirs, qui avaient primitivement 25 millimètres d'épaisseur, ont encore aujourd'hui 15 millimètres. Les tiroirs en bronze ordinaire ne durent guère plus de huit mois. Les tables des cylindres sont dans un état superbe, l'usure s'est portée entièrement sur les tiroirs; ceux-ci dureront encore trois ans à trois ans et demi.

COMPTES RENDUS

ACADÉMIE DES SCIENCES.

Séance du 2 octobre 1882.

Note sur **la force coercitive de l'acier rendue permanente par la compression**, par M. L. Clemandot.

L'auteur rappelle qu'il a déjà exposé devant l'Académie les propriétés

acquises par l'acier soumis à une forte pression et refroidi sous cette pression, propriétés parmi lesquelles se trouve la force coercitive qui fait que l'acier acquiert le magnétisme et le conserve.

L'auteur a, depuis, obtenu des résultats nouveaux et intéressants.

L'acier trempé par un bain se détrempe si on le recuit, tandis que l'acier trempé par compression, c'est-à-dire refroidi sous pression, conserve sa propriété coercitive malgré le réchauffage, et même le forgeage; cette propriété imprimée à l'acier par la compression est donc permanente et indélébile, quelles que soient les opérations successives auxquelles l'acier sera soumis, résultat qui doit être attribué, suivant l'auteur, à l'homogénéité la plus absolue que donnent la compression et le refroidissement sous pression.

M. Clemandot a pris des lames d'un faisceau de machine magnéto-électrique; il les a forgées et soudées à la forge pour en faire un barreau, lequel a été comprimé; les lames ont été reconstituées, puis réaimantées, et on a retrouvé la même force d'aimantation. La force magnétique s'est même, dans certains cas, accrue, par les diverses transformations et opérations qu'a subies l'acier.

Un avantage des plus importants est qu'alors que l'acier trempé par les bains est durci, intravaillable et souvent déformé, l'acier trempé par compression est doux et peut se travailler sans difficulté; les fabricants d'appareils à aimants ne seront donc plus exposés à perdre un temps précieux à travailler des pièces qui se brisent au dernier moment.

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

AOUT 1882.

Rapport de M. Haton de la Goupillière sur les **Anémomètres enregistreurs**, de M. Eugène Bourdon.

Ces appareils reposent sur le principe, breveté dès 1857 par M. Eugène Bourdon, de la multiplication des effets de succion produits par les ajutages convergents-divergents, multiplication qu'on obtient en disposant autour d'un même axe une batterie de ces tubes, dont chacun a son débouché placé dans la section d'étranglement de celui qui l'entoure.

Pour donner une idée de la multiplication obtenue, on peut indiquer que pour une vitesse de 4 mètres environ le tube de Pitot donnerait une dénivellation de 1 millimètre d'eau. Dans une batterie de trois tubes convergents-divergents, le premier tube donne déjà une succion de 4 millimètres, c'est-à-dire quadruple; le second multiplie lui-même par quatre, ce qui

porte le degré de vide à 16 millimètres, et le troisième, multipliant encore par quatre, arrive à soulever une colonne d'eau de 64 millimètres; l'effet est donc 64 fois plus grand qu'avec le tube ordinaire de Pitot.

M. Bourdon a établi, sur ce principe, deux modèles d'anémomètres enregistreurs, dont le plus simple fournit des diagrammes circulaires sur des disques de papier, tandis que l'autre fait des tracés sur du papier enroulé sur des cylindres; l'un et l'autre fournissent à la fois la direction et la vitesse du vent.

Le tube muni d'ailettes qui le transforme en girouette, est placé horizontalement à la partie supérieure d'un axe tournant; la raréfaction de l'air dans le tube se fait sentir par un petit tube à genouillère, dans une cloche qu'elle soulève ou abaisse selon le degré de vide, et c'est le déplacement vertical de cette cloche qui produit l'enregistrement au moyen d'un levier et d'un crayon. Dans le plus grand des deux modèles, l'effet de la vitesse du vent se fait sentir dans un tube spiral élastique, de la forme si connue imaginée par M. Bourdon, et c'est le déplacement des extrémités de ce tube qui produit l'enregistrement.

Rapport de M. Boitel sur les documents fournis par M. Jus, directeur des sondages algériens, au sujet de l'**irrigation par puits artésiens** et de **la culture du dattier dans l'Algérie orientale**.

On trouve dans ces documents des détails très intéressants sur la culture du palmier, qui a une importance dont on se doute généralement peu.

Certaines oasis contiennent jusqu'à 380,000 palmiers, qui rapportent en moyenne chacun 15 kilogrammes de dattes, lesquelles, à 30 centimes le kilogramme, sur place, représentent un produit annuel de 4 fr. 50 par arbre, soit pour l'oasis 1,780,000 francs. Le jeune palmier commence à produire à sept ans et peut vivre deux ou trois cents ans.

Dans l'Oued-Souf, près de la frontière de Tunisie, les régimes de palmier atteignent souvent le poids de 25 kilogrammes pour chacun et quelquefois celui de 50 kilogrammes.

Le produit en dattes peut y être compté à 1,540,000 francs par an.

Ces résultats ne sont atteints qu'avec des quantités d'eau considérables, un demi litre en moyenne par minute et par arbre, si on veut obtenir une vigueur exceptionnelle et un produit qui est de 20 pour 100 supérieur à celui des arbres qui ne reçoivent qu'un tiers de litre.

De 1858 à 1880 on a exécuté dans le département de Constantine, sous la direction de M. Jus :

1° 179 recherches d'eaux jaillissantes, représentant une longueur totale de forage de 15,035 mètres, lesquelles ont fourni 224 nappes ascendantes et 330 jaillissantes, débitant ensemble 175,757 litres par minute, sur lesquels on a capté 160,288 litres ;

2° 297 recherches d'eaux ascendantes, représentant une longueur de forage de 5,931 mètres, qui ont fourni 225 nappes potables et 37 saumâtres.

Au 1er juin 1880, la profondeur totale forée dans le département représentait une longueur de 20,957 mètres.

Les oasis comprises dans la région de Biskra, de l'Oued-Rir, de l'Oued-Souf et Ouargla, dont la plupart doivent leur fertilité, et même leur existence, à ces travaux, représentent une valeur foncière de 10,380,000 francs et rapportent annuellement 10 millions de francs de dattes et 2 millions et demi de francs de blé, d'orge, de fruits et de légumes.

Discours prononcé sur la tombe de M. Dutertre, directeur de l'École d'agriculture de Grignon, par M. J. A. Barral, secrétaire perpétuel de la Société nationale d'Agriculture de France.

Discours prononcé sur la tombe de M. François Bella, par M. J. A. Barral.

Conférence sur **les passages de Vénus devant le soleil**, faite à la Société d'Encouragement, le 20 mai 1882, par M. C. Wolf, astronome de l'Observatoire.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

SEPTEMBRE 1882.

Note sur les **Ports d'Anvers et de Gand**, par M. G. Lechalas, ingénieur des ponts et chaussées.

Cette note, très détaillée, comprend les travaux des ports d'Anvers et de Gand : les premiers ayant été l'objet de communications détaillées de M. Hersent, à la Société, nous nous bornerons à dire quelques mots des seconds.

La mer arrivait autrefois jusqu'aux portes de Gand, mais elle recula peu à peu et on dut, dès 1250, relier la ville au port de Damme, par le Swyn et le canal de la Lieve. Le port de Damme s'étant peu à peu comblé, Charles-Quint fit établir, en 1550, le canal du Sas ; plus tard on construisit le canal de Gand à Bruges, cette dernière ville étant déjà en communication avec l'Écluse. Enfin, en 1822, le gouvernement hollandais décida la remise en état du canal du Sas et la prolongation jusqu'à l'Escaut oriental ; ce canal de 34 kilomètres de longueur avec des largeurs au plafond variables de 8 mètres à 12 et 20 mètres, fut inauguré en 1827.

En 1870, on décida d'approfondir le canal sur la partie belge. Les travaux, d'un cube total de 3,400,000 mètres, furent adjugés à MM. Couvreux et Hersent ; ce cube se répartissait comme suit :

Cube enlevé	à la brouette	1,200,000$^{m.c.}$
—	à l'excavateur	220,000
—	à la drague	1,980,000
—	ensemble	3.400,000

En 1875 l'excavateur a enlevé 168,000 mètres cubes en 166 journées de travail.

Il y avait deux dragues dont les produits étaient enlevés par diverses méthodes différentes :

1° Le long couloir à pente de 1/20 où on projetait un volume d'eau égal au triple du volume du déblai, on pouvait ainsi transporter à 40 ou 45 mètres de la drague, mais le cavalier était très applati;

2° On a, pour des distances supérieures, employé des bateaux où on reprenait le déblai avec un extracteur à long couloir, et des bateaux percés analogues aux bateaux à clapet qu'on vidait par projection d'eau après avoir levé avec des vis les tampons qui fermaient les trous.

Les travaux d'amélioration de la partie belge du canal de Terneuzen ont été achevés en 1881; ils ont coûté 7,914,000 francs. Pour pouvoir en tirer profit le gouvernement belge dut passer une convention avec le gouvernement hollandais, ce qui fut fait au commencement de 1880, et les travaux sur le territoire hollandais doivent être exécutés par la Hollande aux frais de la Belgique. On peut espérer que les travaux seront terminés à la fin de l'année prochaine.

Il y avait à Gand un bassin maritime de 1,700 mètres de longueur sur 40 de largeur et 4^{m},50 de profondeur avec quai en maçonnerie sur une partie, entrepôt, voies ferrées; on y a récemment installé des élévateurs, grues et cabestans hydrauliques Armstrong.

Les nouveaux travaux doivent comprendre :

1° Un avant-port avec quais, gare de virement et formes sèches;

2° Un bassin au bois communiquant avec l'ancien bassin;

3° Un nouveau bassin de commerce avec quais, hangars et voies ferrées;

4° Une vaste gare de chemin de fer au nord du nouveau bassin.

L'exécution des travaux a commencé récemment; les dépenses d'établissement sont à la charge de l'État, sauf celles des engins de chargement, hangars, etc. Les dépenses et recettes d'exploitation se partagent entre l'État et la Ville dans certaines proportions donnant lieu à des combinaisons assez compliquées.

Le creusement du bassin au bois se fait presque entièrement à la drague, le transport se fait avec une sorte de propulseur centrifuge, à deux ailes seulement et une conduite flottante, à raison de 80 mètres cubes à l'heure. On constate que pour avoir de bons résultats il ne faut pas que la proportion de matière solide dépasse 15 pour 100, sans quoi il se produit des engorgements; au canal d'Amsterdam à la mer du Nord, on avait pu arriver à 40 et même 50 pour 100 de matières solides. A Gand, le terrain est

formé de terre argileuse à la surface et de sable siliceux très fin au-dessous. Au canal de Gand à Terneuzen, dont il a été question ci-dessus, MM. Couvreux et Hersent ont transporté les déblais dans des tuyaux flottants et articulés de $0^m,30$ de diamètre dont la longueur a atteint 200 mètres; au milieu de la longueur de la conduite était une pompe centrifuge qui activait la circulation du mélange d'eau et de matières solides et produisait le refoulement jusqu'à $8^m,50$ au-dessus de la flottaison, les matières draguées se composaient principalement de sable fin. Ce procédé ne pouvait être appliqué au creusement du bassin au bois de Gand où on a eu à draguer une certaine quantité d'argile compacte, aussi a-t-il dû être modifié dans le sens qui a été indiqué.

Actuellement (juillet 1882) les terrassements pour l'élargissement de l'avant-port sont déjà assez avancés et l'on a commencé la construction du mur de quai. Quant aux travaux de la partie hollandaise du canal de Terneuzen, ils sont conduits activement, tant en ce qui concerne les terrassements qu'en ce qui a trait à la grande écluse de Sas-de-Gand.

La note de M. Lechalas se termine par quelques renseignements commerciaux sur le port de Gand.

De 1871 à 1880 la fréquentation maritime annuelle moyenne a été de 302 navires à voiles et 294 à vapeur, soit 596 navires représentant 155,686 tonneaux, c'est-à-dire une moyenne de 261 tonneaux par navire. Le bois seul a donné, en 1881, un chiffre de 51,600 tonneaux.

La navigation fluviale a donné, en 1880, 11,475 bateaux chargés d'un tonnage total de 1,102,500 tonnes.

Le mouvement de la station de Gand. — Entrepôt du chemin de fer, a donné, pour 1880, 16,535 wagons chargés reçus, et 9,963 wagons chargés expédiés.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS.

10e LIVRAISON DE 1882.

Machine à essayer les matériaux de la fabrique de machines de Manheim, Von Mohr et Federhoff.

Machine auxiliaire pour la commande des pompes à air, de circulation et d'alimentation du steamer *Mediterraneo*, par W. Theiss, à Palerme.

Appareils relatifs aux mines, à l'Exposition d'électricité de Paris, par W. Schulz, à Aix-la-Chapelle (*suite*).

Procès relatif aux patentes de machines à gaz Otto et Lindford, par R. Schöttler, à Hanovre.

Nouveaux freins et manivelles de sûreté, par A. Ernst, à Halberstad (*suite*).

Machines à essayer les huiles de Klein, Schanzlin et Becker, par J. Bettinger, à Frankenthal.

Les procédés de déphosphoration du fer, au point de vue des patentes, dans l'empire d'Allemagne (*suite*).

Les hauts fourneaux de Cedar-Point.

Machines pour le travail du bois.

Projet du pont sur le Forth, de Fowler.

Le pont sur la rivière Harlem, à New-York.

Pont sur la rivière Msta, en Russie.

Chute du pont de Saint-Charles sur le Missouri.

Concours pour le projet de pont à Szegedin.

Emploi des explosifs en Suède.

Ventilateur turbine de Kraft.

Sonde à rotation avec extraction du déblai.

Recherche rationnelle du pétrole.

Fabrication des bandages de machines et de wagons.

Électrotechnique.

Chauffage et ventilation.

Bibliographie. — Machines à vapeur à distribution par tiroirs sans mécanisme de précision, par W. H. Uhland. Machines agricoles, par le professeur Dr A. Wüst.

Le Secrétaire-Rédacteur,

A. Mallet.

Paris. — Imp. E. Capiomont et V. Renault, rue des Poitevins, 6
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

NOVEMBRE 1882

N° 11

Pendant le mois de novembre, la Société a traité les questions suivantes :

1° *Laboratoire municipal, falsification des denrées.* (Séance du 3 novembre, page 480.)

2° Lettre de M. Vauthier relative au *port de La Rochelle.* (Séance du 3 novembre, page 481.)

3° Lettre de M. Mékarski relative à la *traction par machines à air comprimé.* (Séance du 3 novembre, page 482.)

4° Lettre de M. Francq relative aux *machines à air comprimé, système Mékarski.* (Séance du 3 novembre, page 484.)

5° *L'Algérie et les chemins de fer à voie étroite,* analyse du mémoire de M. Fousset, par M. Morandiere. (Séance du 3 novembre, page 485.)

6° *Contrôleur de marche des locomotives*, système Pouget, par M. Brüll. (Séance du 3 novembre, page 492.)

7° *Modèles d'enseignement*, par M. Armengaud fils aîné. (Séance du 17 novembre, page 496.)

8° *Legs de M. Amable Le Roy*. (Séance du 17 novembre, page 496.)

9° *Transmission par câbles métalliques*, ouvrage de M. Léauté. (Séance du 17 novembre, page 496.)

10° *Mission scientifique en Indo-Chine*, par M. Fuchs, ingénieur en chef des mines. (Séance du 17 novembre, page 497.)

Pendant le mois de novembre, la Société a reçu :

De M. Burot, membre de la Société, une note sur la *Fabrication du papier de paille dans le Limousin*.

De M. Alfred Durand-Claye, ingénieur en chef des ponts et chaussées, un exemplaire de son *Étude de statistique graphique sur l'accroissement de la population dans le département de la Seine et dans les parties limitrophes du département de Seine-et-Oise*.

De M. Émile Trélat, membre de la Société, un exemplaire de son *Discours prononcé au Congrès tenu à La Rochelle par l'Association française pour l'avancement des sciences*.

De M. Dubuisson, membre de la Société, un exemplaire de ses Études définitives d'une *voie ferrée entre deux points donnés*.

De M. Parent, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur le *Matériel* exposé par les chemins de fer de l'État à l'Exposition philomatique de Bordeaux.

De M. Baker, ingénieur, un exemplaire d'une note intitulée : *The Forth Bridge*.

De M. Mair, membre de la Société, un exemplaire d'une note intitulée : *On the Testing of Steam Engines*.

De M. Vauthier, membre de la Société, un exemplaire de son Étude sur les *ports intérieurs*, *Bordeaux*, *Nantes*, *Rouen*.

De M. Charles Girard, membre de la Société, un exemplaire des *Documents sur les falsifications des matières alimentaires et sur les travaux du laboratoire municipal*.

De la Société technique de l'industrie du gaz en France, un exemplaire du *Compte rendu de son neuvième congrès*.

De M. Lavoinne, ingénieur en chef des ponts et chaussées, et de M. Pontzen, membre de la Société, un exemplaire de leur ouvrage sur les *Chemins de fer en Amérique.*

De M. A. Gendebien, une communication intitulée : *Les Ventilateurs des mines*.

De M. le professeur Harlacher (de Prague), une collection de *Cartes hydrographiques de Bohême.*

MÉMOIRE

SUR

LA THERMODYNAMIQUE

NOUVELLE THÉORIE DES GAZ

PAR M. AL. GOUILLY.

Les deux équations fondamentales de la thermodynamique sont

$$dQ = dU + Apdv \qquad \text{et} \quad \int \frac{dQ}{\lambda} = o;$$

Dans la seconde équation le facteur $\frac{1}{\lambda}$ est tel que $\frac{dQ}{\lambda}$ est une différentielle exacte et l'intégrale est prise pour un cycle fermé. Ces deux équations sont obtenues, sans que l'on ait besoin d'hypothèses particulières, en se basant simplement sur le principe de l'équivalence du travail et de la chaleur. Par conséquent, elles s'appliquent à tous les corps sans distinction. On démontre, en s'appuyant sur le principe de Sadi Carnot, qu'il y a une fonction λ qui ne dépend que de la température et qui est la même pour tous les corps.

Pour déterminer λ, on introduit une première restriction en faisant usage de l'équation $pv = ap_0v_0T$, par laquelle est défini un état particulier des corps : l'état gazeux parfait. L'hypothèse des gaz parfaits, introduite dès le début de la thermodynamique, a ceci de regrettable, c'est qu'elle est purement analytique et ne s'applique à aucun corps.

Les expériences de M. Régnault ont, en effet, prouvé d'une manière certaine que les gaz s'écartent, et même s'écartent beaucoup, de la loi de Mariotte et de celle de Gay-Lussac. Par exemple, l'expérience prouve que, le volume de l'acide carbonique à la pression atmosphérique entre 2° et 10° étant pris pour unité, il suffit de 16,7 atmosphères environ pour réduire le volume de la masse considérée au vingtième, tandis que la loi de Mariotte donnerait vingt atmosphères environ. Il peut donc naître des doutes sur la forme algébrique du facteur λ et, de plus, les formules obtenues pour les gaz parfaits ne s'appliquent pas aux gaz naturels. Ces formules offrent bien une approximation suffisante pour l'étude des machines, mais elles sont inexactes et par conséquent inutiles pour étudier avec quelque précision les phénomènes thermiques des gaz naturels.

On doit se proposer de donner à la thermodynamique un point de départ expérimental d'une généralité plus grande que les lois de Mariotte et de Gay-Lussac. Ce travail, que je soumets à l'appréciation de la Société des ingénieurs civils, est un essai dans ce sens, fait en admettant comme rigoureusement vraie cette proposition : les capacités calorifiques des gaz à pression constante et à volume constant sont indépendantes de la pression et du volume. Il faut se rappeler que M. Régnault a donné, pour la capacité calorifique à pression constante de l'air, de 0° à 100°, le nombre 0,237 41 et de 0° à 200°, le nombre 0,237 51 ; que MM. Delaroche et Bérard, dans des expériences comparatives pour les pressions, ont donné 0,232 01 à $0^m,760$ et 0,232 36 à 3 mètres.

Dans ce mémoire, la fonction λ est calculée en partant de cette donnée expérimentale, puis les formules générales sont appliquées aux gaz. Elles fournissent une équation qui définit un état gazeux dont les gaz naturels s'écartent peu ou point. On conçoit l'importance que prend cette étude, basée sur l'expérience, puisqu'elle permet de pénétrer de plus en plus dans la connaissance des phénomènes intimes des gaz et fait entrevoir un développement des applications de la thermodynamique.

CHAPITRE PREMIER.

Établissement des formules générales de la Thermodynamique.

Supposons que la température soit donnée par l'expression

$$(1) \qquad \frac{v - v_0}{v_0 (T - T_0)} = \frac{v_{100} - v_0}{v_0 100} = \alpha,$$

dans laquelle v_0, v_{100} et v sont respectivement les valeurs du volume du corps thermométrique pour les températures T_0, $T_0 + 100$ et T; la température de fusion de la glace étant T_0 et celle de l'ébullition normale de l'eau étant $T_0 + 100$; il convient d'ajouter que pour un thermomètre à gaz, il faut préciser la pression constante sous laquelle s'opère le changement de volume qui sert à mesurer la température, de telle sorte que α est une fonction de cette pression. α est le coefficient moyen de dilatation à pression constante.

En prenant un gaz pour corps thermométrique, on peut encore supposer que la température est donnée par l'expression

$$(2) \qquad \frac{p - p_0}{p_0 (T - T_0)} = \frac{p_{100} - p_0}{p_0 . 100} = \beta;$$

et, dans ce cas, il faut indiquer le volume constant de la masse gazeuse dont on fait varier la pression. β est le coefficient moyen de dilatation à volume constant.

Il est commode, en vue de l'expérimentation, de prendre T et p pour variables indépendantes.

Soit dQ la quantité de chaleur nécessaire pour faire passer un corps de l'état T, p, v à l'état T $+ d$T, $p + dp$, $v + dv$, on a

$$(a) \qquad dQ = \left(\frac{dU}{dT} + Ap\frac{dv}{dT}\right) dT + \left(\frac{dU}{dp} + Ap\frac{dv}{dp}\right) dp.$$

Dans cette équation dU est la variation de la chaleur interne et v le volume spécifique ou le volume de l'unité de poids du corps considéré. dU et dv sont des différentielles exactes, de telle sorte que

$$(b) \qquad \frac{d^2U}{dp\, dT} = \frac{d^2U}{dT\, dp}$$

et

$$(c) \qquad \frac{d^2v}{dp\, dT} = \frac{d^2v}{dT\, dp}.$$

L'équation (b) servira souvent à éliminer U entre les équations générales que nous cherchons.

Supposons que l'on ait démontré, au moyen du principe de Carnot, qu'il y a une fonction de la température seule, la même pour tous les corps, telle que $\frac{dQ}{\lambda}$ est une différentielle exacte. $\frac{dQ}{\lambda}$ étant une différentielle exacte d'une fonction des variables p et T, on a

$$(3) \qquad \frac{d.}{dp}\left[\frac{1}{\lambda}\left(\frac{dU}{dT} + Ap\frac{dv}{dT}\right)\right] = \frac{d.}{dT}\left[\frac{1}{\lambda}\left(\frac{dU}{dp} + Ap\frac{dv}{dp}\right)\right].$$

Si l'on effectue les différentiations indiquées dans cette équation et si on tient compte des équations (b) et (c), on obtient

$$(4) \qquad A\frac{dv}{dT} = -\frac{1}{\lambda}\left(\frac{dU}{dp} + Ap\frac{dv}{dp}\right)\frac{d\lambda}{dT}.$$

La chaleur spécifique à pression constante C a pour expression

$$(d) \qquad C = \frac{dU}{dT} + Ap\frac{dv}{dT} = \frac{d.}{dT}(U + Apv).$$

La chaleur spécifique à volume constant c, répond à $dv = o$; on l'obtiendra donc en remplaçant dans l'équation (a) $\frac{dp}{dT}$ par sa valeur tirée de $\frac{dv}{dT}dT + \frac{dv}{dp}dp = o$,

ce qui donne

$$c = \frac{dU}{dT} + Ap\frac{dv}{dT} - \left(\frac{dU}{dp} + Ap\,\frac{dv}{dp}\right)\frac{\frac{dv}{dT}}{\frac{dv}{dp}}.$$

De cette équation et de l'équation (*d*) on déduit

$$(5) \qquad C - c = \left(\frac{dU}{dp} + Ap\frac{dv}{dp}\right)\frac{\frac{dv}{dT}}{\frac{dv}{dp}}.$$

Entre les équations (4) et (5) on peut éliminer $\frac{dU}{dp}$. L'équation (4) donne

$$(6) \qquad \frac{dU}{dp} = -A\left(p\,\frac{dv}{dp} + \lambda\,\frac{\frac{dv}{dT}}{\frac{d\lambda}{dT}}\right),$$

d'où l'on déduit, en portant cette valeur dans l'équation (5),

$$(7) \qquad C - c = -A\,\lambda\,\frac{\left(\frac{dv}{dT}\right)^2}{\frac{dv}{dp}\cdot\frac{d\lambda}{dT}}.$$

Enfin, on peut exprimer C indépendamment de l'énergie en éliminant U au moyen des équations (4) et (*d*). L'équation (*d*) donne par différenciation :

$$\frac{d^2 U}{dT\,dp} = \frac{dC}{dp} - A\,\frac{dv}{dT} - A\,p\,\frac{d^2 v}{dT\,dp},$$

et l'équation (4) donne :

$$\frac{d^2 U}{dp\,dT} = -A\left[p\,\frac{d^2 v}{dp\,dT} + \frac{d}{dT}\left(\lambda\,\frac{\frac{dv}{dT}}{\frac{d\lambda}{dT}}\right)\right]$$

Ces deux équations et les équations (*b*) et *c* donnent :

$$(8) \qquad \frac{dC}{dp} - A\,\frac{dv}{dT} = -A\,\frac{d\,.}{dT}\left(\lambda\,\frac{\frac{dv}{dT}}{\frac{d\lambda}{dT}}\right).$$

Si donc λ était connu, les équations ci-dessus exprimeraient les principaux éléments thermiques relatifs à un corps quelconque.

Afin de déterminer λ, supposons que C, pour les gaz, est indépendant de la pression, l'équation (8) devient :

$$\frac{dv}{dT} = \frac{d.}{dT}\left(\lambda \frac{\frac{dv}{dT}}{\frac{d\lambda}{dT}}\right),$$

ou bien :

$$\lambda \frac{d.}{dT}\left(\frac{\frac{dv}{dT}}{\frac{d\lambda}{dT}}\right) = o.$$

Mais λ n'étant pas nul identiquement, il faut que l'on ait $\frac{\frac{dv}{dT}}{\frac{d\lambda}{dT}} = k,$

k étant une fonction arbitraire de p. Or, d'après la définition de la température, $\frac{dv}{dT} = \alpha v_0$; d'où l'on déduit $\frac{d\lambda}{dT} = \frac{\alpha v_0}{k}$ Si le corps thermométrique était un gaz, α dépendrait de la pression initiale, mais λ doit être une fonction de la température seule, donc $\frac{\alpha v_0}{k}$ se réduit à une constante k' et l'intégrale de l'équation précédente est $\lambda = k'T + k''$, k'' étant une autre constante.

λ est donc une fonction du premier degré de la température. Or, on peut faire $k'' = o$, car la graduation du thermomètre peut être faite en prenant une valeur arbitraire pour T_0; si l'on fait $k'' = o$, il suffira de déterminer T_0, qui correspond à la fusion de la glace, de manière à satisfaire aux équations de la thermodynamique. On peut aussi faire $k' = 1$, car si $\frac{dQ}{k'T}$ est une différentielle exacte, il en est de même de $\frac{dQ}{T}$.

On peut donc écrire $\lambda = T$, et pour trouver cette forme de λ, il a suffi de s'appuyer sur cette propriété : la chaleur spécifique des gaz à pression constante est indépendante de la pression ; cette proposition

a été démontrée par des expériences allant pour l'air entre les limites 1 à 12 atmosphères et pour l'acide carbonique entre les limites 1 à 9 atmosphères.

D'après cela les équations (4), (6), (7), (8) deviennent respectivement :

$$(f)\quad A\frac{dv}{dT}=-\frac{1}{T}\left(\frac{dU}{dp}+Ap\frac{dv}{dp}\right)=-\frac{1}{T}\left[\frac{d.}{dp}(U+Apv)-Av\right],$$

$$(g)\qquad \frac{dU}{dp}=-A\left(p\frac{dv}{dp}+T\frac{dv}{dT}\right),$$

$$(h)\qquad C-c=-AT\frac{\left(\frac{dv}{dT}\right)^2}{\frac{dv}{dp}},$$

$$(i)\qquad \frac{dC}{dp}=-AT\frac{d^2v}{dT^2}.$$

Les équations (*a*), (*d*), (*f*) donnent :

$$(j)\quad dQ=CdT-AT\frac{dv}{dT}dp.=\frac{d.}{dT}(U+Apv)dT+\left[\frac{d.}{dp}(U+Apv)-Av\right]dp.$$

Enfin, en vertu des équations (*d*) et (*g*), on a :

$$(k)\quad dU=\left(C-Ap\frac{dv}{dT}\right)dT-A\left(p\frac{dv}{dp}+T\frac{dv}{dT}\right)dp.$$

Les différentes propriétés calorifiques des corps, exprimées en fonction des dérivées partielles de v, peuvent se déduire directement des équations précédentes, sans qu'il soit nécessaire de recourir à la fonction caractéristique qui serait d'ailleurs aussi difficile à trouver pour un corps que l'équation qui exprime son état, c'est-à-dire donne v en fonction de p et T.

Coefficients de dilatation.

Le coefficient moyen de dilation à pression constante est donné par la formule :

$$(l)\qquad \alpha=\frac{v-v_0}{v_0(T-T_0)}.$$

Dans cette équation la pression constante p_0 correspond à la température T_0 et au volume v_0.

Le coefficient moyen de dilatation à volume constant est donné par l'équation :

$$(m) \qquad \beta = \frac{p - p_0}{p_0 (T - T_0)}.$$

Qui suppose le volume constant et égal à v_0, correspondant à la température T_0 et à la pression p_0.

Les coefficients de dilatation à une température donnée peuvent être définis respectivement par les équations :

$$(l') \qquad \alpha_1 = \frac{1}{v_0} \frac{dv}{dT}, \qquad (m') \qquad \beta_1 = \frac{1}{p_0} \frac{dp}{dT};$$

pour lesquelles on suppose que l'on part de l'état initial p_0, v_0, T_0 et que, pour la première, la pression constante est p_0, et pour la seconde, le volume constant est v_0.

Enfin, on peut encore étudier les coefficients définis par les équations :

$$(l'') \qquad \alpha_2 = \frac{1}{v} \frac{dv}{dT}, \qquad (m'') \qquad \beta_2 = \frac{1}{p} \frac{dp}{dT},$$

où l'on suppose $dp = o$ pour la première, et $dv = o$ pour la seconde, qui d'ailleurs n'aurait pas de sens sans cette supposition.

Il est facile de voir que $\alpha = \frac{1}{T - T_0} \int_{T_0}^{T} \alpha_1 dT$, d'où l'on déduit par différentiation,

$$(n) \qquad \frac{d\alpha}{dT} (T - T_0) + \alpha = \alpha_1.$$

Cette équation pourrait être obtenue plus directement en prenant la dérivée des deux membres de l'équation (l). On trouverait d'une manière analogue,

$$(n') \qquad \frac{d\beta}{dT} (T - T_0) + \beta = \beta_1.$$

Pour trouver la plus grande des deux quantités α_2 et β_2 pour une

température donnée, calculons le rapport $\frac{\alpha_2 - \beta_2}{\beta_2}$. Les équations ($l''$) ($m''$) donnent :

(9)
$$\frac{\alpha_2}{\beta_2} = \frac{p}{v} \frac{\frac{dv}{dT}}{\frac{dp}{dT}},$$

où p et v correspondent à la même température T et où $\frac{dp}{dT}$ s'obtient en suppposant que $dv = o$, de telle sorte que $\frac{dp}{dT} = -\frac{\frac{dv}{dT}}{\frac{dv}{dp}}$. Portons cette valeur dans l'équation (6), on a :

$$\frac{\alpha_2}{\beta_2} = -\frac{p}{v} \cdot \frac{dv}{dp} = \left[1 - \left(1 + \frac{p}{v} \cdot \frac{dv}{dp}\right)\right] = 1 - \frac{1}{v} \frac{d\,(pv)}{dp},$$

d'où :

(o)
$$\frac{\alpha_2 - \beta_2}{\beta_2} = -\frac{1}{v} \cdot \frac{d\,(pv)}{dp}.$$

Le signe du second membre indiquera la plus grande des deux quantités α_2 et β_2. Nous appliquerons plus loin ces équations à l'étude des gaz.

Variations de l'énergie.

Variation de l'énergie interne par degré de température quand un corps se dilate à pression constante.

Soit :

(10)
$$\frac{1}{A} C' = \frac{1}{A} \frac{dU}{dT},$$

cette variation. L'équation (k) donne, en tenant compte de l'équation (l'').

(11)
$$C' = C - Ap \frac{dv}{dT} = C - Apv\,\alpha_2.$$

l'équation (h) donne avec les équations (l'') et (m'')

(12)
$$C - c = AT\,pv\,\alpha_2\,\beta_2.$$

En combinant les équations (11) et (12) on a

(p)
$$C' = C - \frac{C - c}{\beta_2\,T}.$$

Variation de l'énergie interne par degré de température quand la transformation d'un corps est représentée par une ligne adiabatique.

$dQ = o$. Une partie de l'énergie se transforme en travail des forces extérieures. Soit $\frac{1}{A} C'' dT$ la variation cherchée. D'après l'équation (a),

$$C'' dT = \frac{dU}{dT} dT + \frac{dU}{dp} dp = - Ap \left(\frac{dv}{dT} dT + \frac{dv}{dp} dp\right),$$

ou

$$(13) \qquad C'' = - Ap \left(\frac{dv}{dT} + \frac{dv}{dp} \frac{dp}{dT}\right);$$

$\frac{dp}{dT}$ de cette équation doit se déduire de l'équation $dQ = o$. Considérons l'équation (j), où n'entre plus l'énergie interne; elle donne $\frac{dp}{dT} = \frac{C}{AT \frac{dv}{dT}}$. En portant cette valeur dans l'équation (13), elle devient

$$C'' = - Ap \left(\frac{dv}{dT} + \frac{dv}{dp} \cdot \frac{C}{AT \frac{dv}{dT}}\right).$$

Comparant cette équation et les équations (l'') et (m''), on obtient

$$C'' = - Ap \left(v \alpha_1 - \frac{C}{AT} \frac{v \alpha_1}{p \beta_1 v \alpha_1}\right);$$

or l'équation (11) donne $Apv\alpha_1 = C - C'$ et l'équation (12) donne $ATp\beta_1 v\alpha_1 = C - c$, de sorte que

$$C'' = - (C - C') \left[1 - \frac{C}{C - c}\right].$$

ou

$$(q) \qquad C'' = \frac{C - C'}{C - c} \cdot c.$$

CHAPITRE II.

Calcul de la fonction qui exprime l'état gazeux.

Il n'était donc pas nécessaire, pour établir les équations générales de la thermodynamique, de recourir à l'équation $pv = ap_0 v_0 T$ qui ne s'applique à aucun gaz. Au contraire ces formules générales vont permettre de trouver l'équation générale des corps pour lesquels les deux chaleurs spécifiques sont indépendantes de la température et de la pression. Elles fournissent, en effet, une formule à trois coefficients qui exprime d'une manière remarquable les lois de la compressibilité et celles de la dilatation des gaz. En déterminant, pour un gaz donné, les coefficients de cette équation, cette formule donnera, par de simples calculs, remplaçant des expériences nombreuses, difficiles et coûteuses, les différents éléments calorifiques de ce gaz, si ce n'est avec une précision absolue, du moins avec une approximation qui mérite d'être signalée, et cela, pour une grande étendue des variations de pression et de température, qui ont été employées dans les expériences connues. Dans ce chapitre nous nous occupons spécialement de la recherche de la formule algébrique et dans le chapitre suivant nous parlerons de la détermination des coefficients et des vérifications que nous venons d'annoncer.

La recherche de l'équation qui définit l'état d'un corps peut être considérée comme ramenée à l'intégration de deux des équations générales du paragraphe précédent. Ce serait sortir du cadre de ce mémoire que d'essayer de traiter cette question générale, dont les difficultés sont considérables et qui n'a encore été abordée que dans des cas très particuliers et très restreints. Pour le problème qui nous

occupe spécialement, il suffit d'intégrer les équations (h) et (i). La seconde donne

$$(1)\qquad \frac{dv}{dT} = \varphi(p),$$

φ étant une fonction arbitraire de la pression. Des équations (h) et (i), je déduis

$$(2)\qquad \frac{dv}{dp} = -\frac{A}{C-c}\,T\,[\varphi(p)]^2 = \frac{T}{m}\,[\varphi(p)]^2,$$

en posant

$$(r)\qquad -\frac{C-c}{A} = m.$$

(φ) sera déterminé par la condition (c), qui exprime que dv est une différentielle exacte. Or, d'après (1) $\frac{d^2v}{dT\,dp} = \varphi'(p)$ et d'après (2) $\frac{d^2v}{dp\,dT} = \frac{[\varphi(p)]^2}{m}$. On a donc

$$m\varphi'(p) = [\varphi(p)]^2,$$

ce qui donne

$$(3)\qquad \varphi(p) = -\frac{m}{p+m'},$$

m' étant une constante arbitraire. D'après cela l'équation (1) devient

$$\frac{dv}{dT} = -\frac{m}{p+m'},$$

d'où l'on déduit

$$(4)\qquad v = -\frac{mT}{p+m'} + \psi(p).$$

Cette dernière équation et les équations (2) et (3) donnent $\psi'(p) = o$.

Par suite $v = -\frac{mT}{p+m'} - m''$, m' étant une nouvelle constante arbitraire.

On a enfin

$$(s)\qquad pv + m''p + m'v + mT + m'm'' = o,$$

ou bien

$$(p+m')(v+m'') + mT = o.$$

Donnons immédiatement les formules relatives aux trois gaz hydrogène, air et acide carbonique.

p pression mesurée en atmosphères, v volume de 1^k du gaz exprimé en mètres cubes.

$$(t)\quad \begin{array}{ll} \text{Hydrogène} & pv - 0{,}00798\,p - 0{,}00078\,v - 0{,}04083\,T + m'm'' = o, \\ \text{Air} & pv + 0{,}000632\,p - 0{,}00169\,v - 0{,}002833\,T + m'm'' = o, \\ \text{Acide carbonique} & pv + 0{,}00535\,p + 0{,}00937\,v - 0{,}001894\,T + m'm'' = o. \end{array}$$

p pression exprimée en kilogrammes, v volume de 1^k du gaz exprimé en mètres cubes.

$$(t')\quad \begin{array}{ll} \text{Hydrogène} & pv - 0{,}00798\,p - 8{,}0595\,v - 421{,}90\,T + m'm'' = o, \\ \text{Air} & pv + 0{,}000632\,p - 17{,}463\,v - 29{,}273\,T + m'm'' = o, \\ \text{Acide carbonique} & pv + 0{,}00535\,p + 96{,}817\,v - 19{,}570\,T + m'm'' = o. \end{array}$$

Les coefficients m' et m'' étant fort petits pour ces trois gaz, je n'écris pas leur produit.

Appliquons les équations générales de la thermodynamique aux gaz. L'équation (s) donne :

$$(5)\qquad \frac{dv}{dp} = \frac{mT}{(p + m')^2},$$

$$(6)\qquad \frac{dv}{dT} = -\frac{m}{p + m'}.$$

L'équation (h) devient $A = -\frac{C - c}{m}$, ce qui n'est autre chose que l'équation (r).

Expressions des coefficients de dilatation.

Soit v_0 le volume de l'unité de poids du gaz sous la pression p_0 et à la température T_0, $p_0 v_0 + m'' p_0 + m' v_0 + mT_0 + m'm'' = o$. Soit v le volume de l'unité de poids à la pression p_0 et à la température T,

$$p_0 v + m'' p_0 + m' v + mT + m' m'' = o;$$

d'où par soustraction

$$p_0 (v - v_0) + m' (v - v_0) + m' (T - T_0) = o.$$

On a donc $$\frac{v - v_0}{T - T_0} = - \frac{m}{p_0 + m'};$$

d'autre part, $$v_0 = - \frac{m\,T_0 + m'' p_0 + m' m''}{p_0 + m'}$$

de sorte que l'équation (l) donne :

$$(u) \qquad \frac{v - v_0}{v_0 (T - T_0)} = \alpha = \frac{m}{m\,T_0 + m'' p_0 + m' m''}.$$

On trouverait par un raisonnement analogue :

$$(v) \qquad \frac{p - p_0}{p_0 (T - T_0)} = \beta = \frac{m}{m\,T_0 + m' v_0 + m' m''}.$$

Les équations (l') et (m') appliquées aux gaz donnent respectivement :

$$(u') \qquad \alpha_1 = \frac{m}{m\,T + m'' p_0 + m' m''},$$

$$(v') \qquad \beta_1 = \frac{m}{mT + m' v_0 + m' m''};$$

pour l'une et pour l'autre, on suppose que l'état initial est p_0, v_0, T_0 et, de plus, on suppose que v et T varient seuls pour la première et que p et T varient seuls pour la seconde.

Les équations (l) et (m) donnent $\frac{\alpha}{\beta} = \frac{p_0}{v_0} \cdot \frac{v - v_0}{p - p_0}$,

d'où $$\frac{\alpha - \beta}{\beta} = \frac{p_0 v - v_0 p}{v_0 (p - p_0)}.$$

Le dénominateur est positif, si on suppose $p > p_0$. Pour avoir le signe du numérateur, remarquons que v est le volume de l'unité de poids du gaz à la pression p_0 et à la température T et que p est la pression du volume v_0 à la température T_0. Ce qui donne, en vertu de l'équation (s), $p_0 v - v_0 p = m' (v_0 - v) + m'' (p - p_0)$; le second membre est positif pour les gaz, excepté pour l'hydrogène. On peut donc dire que le coefficient moyen de dilatation des gaz (excepté l'hydrogène) à pression constante est plus grand que le coefficient moyen de dilatation à volume constant.

Les deux coefficients sont constants pour un même gaz, mais ils dépendent de l'état initial. Ainsi le coefficient moyen de dilatation à pression constante augmente avec la pression pour l'air et l'acide car-

bonique, pour lesquels m'' et $m\mathrm{T}$ sont de signes contraires. Ce coefficient irait, au contraire, en diminuant pour l'hydrogène. Ces affirmations sont conformes aux conclusions de M. Régnault sur ce sujet, sauf peut-être pour l'hydrogène. M. Régnault donne, en effet, pour ce gaz, les valeurs suivantes du coefficient de dilatation à pression constante : 0,003661 à la pression de 0,760 et 0,003662 à la pression 2,545. Ces deux nombres diffèrent tellement peu qu'ils ne peuvent servir à contredire l'affirmation relative à l'hydrogène. Nous verrons d'ailleurs les difficultés que présente la détermination des coefficients m' et m''.

Pour tous les gaz les deux coefficients moyens de dilatation se réduisent sensiblement à $\frac{1}{\mathrm{T}_0}$ pour des valeurs moyennes de p_0.

Les équations (l') et (m') donnent $\frac{\alpha_1}{\beta_1} = \frac{p_0}{v_0} \frac{\frac{dv}{d\mathrm{T}}}{\frac{dp}{d\mathrm{T}}}$, $\frac{dv}{d\mathrm{T}}$ doit être tiré de l'équation $(p_0 + m')(v + m'') + m\mathrm{T} = o$ où p_0 est constant, $\frac{dv}{d\mathrm{T}} = -\frac{m}{p + m'}$; $\frac{dp}{d\mathrm{T}}$ doit être tiré de l'équation $(p + m')(v_0 + m'') + m\mathrm{T} = o$, où v_0 est constant, $\frac{dp}{d\mathrm{T}} = -\frac{m}{v_0 + m''}$. On peut donc écrire :

$$\frac{\alpha_1}{\beta_1} = \frac{p_0 (v_0 + m'')}{v_0 (p_0 + m')} = \frac{m\mathrm{T}_0 + m'' v_0 + m' m''}{m\mathrm{T}_0 + m' p_0 + m' m''}.$$

Cette dernière valeur du rapport étant obtenue en faisant usage de la relation $(p_0 + m')(v_0 + m'') + m\mathrm{T}_0 = o$, qui correspond à l'état initial. Ce rapport est le même que $\frac{\alpha}{\beta}$ et donne lieu aux mêmes conclusions précédentes. D'ailleurs, les équations (u) et (v) donnent respectivement $\frac{d\alpha}{d\mathrm{T}} = o$, $\frac{d\beta}{d\mathrm{T}} = o$; par suite, les équations (n) et (n') montrent que $\alpha_1 = \alpha$ et que $\beta_1 = \beta$.

Le terme $\frac{d(pv)}{dp}$ de l'équation (o) a pour valeur $-m'' - m' \frac{dv}{dp}$ ou $-m'' - m' \frac{v + m''}{p + m'} = \frac{m'v - m''p}{p + m'}$.

Cette quantité est plus grande que zéro pour l'hydrogène et plus petite que zéro pour l'acide carbonique. On a donc $\alpha_2 < \beta_2$ pour l'hydrogène et $\alpha_2 > \beta_2$ pour l'air et l'acide carbonique.

L'équation (p) appliquée aux gaz devient :

$$C' - C = p \cdot \frac{c - C}{p + m'}.$$

On aurait pu obtenir cette égalité en partant de l'équation (k). Elle indique que, pour de fortes pressions, la variation de chaleur interne, par unité de température, à pression constante se réduirait à la chaleur spécifique à volume constant. Nous reviendrons sur ce sujet dans le chapitre IV.

Il est fort intéressant de voir comment on traiterait les questions que l'on résout approximativement par des formules déduites de l'équation $pv = \alpha\, p_0\, v_0\, T$. Proposons-nous les problèmes suivants :

Quel est le poids spécifique d'une masse gazeuse dont la température est T_1 *et dont la pression est* p_1 ?

Soit v_1 le volume de l'unité de poids à la température T_1 et à la pression p_1, on a $(p_1 + m')(v_1 + m'') + mT_1 = o$. Multiplions les deux membres de cette égalité par ϖ_1 qui représente le poids spécifique cherché et remarquons que

$$\varpi_1\, v_1 = 1, \text{ on a } (p_1 + m')(1 + m''\varpi_1) + m\,\varpi_1\, T_1 = o.$$

d'où

$$\varpi_1 = -\frac{p_1 + m'}{mT_1 + m''p_1 + m'm''}.$$

Quel est le volume d'un poids P *de gaz à la température* T_1 *et à la pression* p_1 ?

Soit ϖ_1 le poids spécifique à cette température et à cette pression, on a $V_1 = \frac{P}{\varpi_1}$; d'où

$$V_1 = -P. \frac{mT_1 + m''p_1 + m'm''}{p_1 + m_1}.$$

Connaissant le volume V_1 *d'une masse gazeuse à la température* T_1 *et à la pression* p_1, *calculer son volume* V_2 *à la température* T_2 *et à la pression* p_2.

Soit P le poids de la masse gazeuse, on a :

$$-P = V_1 \frac{p_1 + m'}{mT_1 + m''p_1 + m'm''} = V_2\, \frac{p_2 + m'}{mT_2 + m''p_2 + m'm''}.$$

Égalité qui se réduit à la formule connue si on fait $m' = o$ et $m'' = o$. Dans tous les cas on peut supprimer m' devant p et $m'm''$ devant les autres termes du dénominateur.

Dans le cas où le changement de volume se ferait à une pression constante p_0, on pourrait se servir du coefficient de dilatation à pression constante correspondant à cette pression, et on aurait les formules

$$V_1 = V_0\,[(1 + \alpha\,(T_1 - T_0)],\quad \frac{v_1}{1 + \alpha\,(T_1 - T_0)} = \frac{V_2}{1 + \alpha\,(T_2 - T_0)}.$$

$$\tilde\omega_1[1 + \alpha(T_1 - T_0)] = \tilde\omega_0,\quad \tilde\omega_1\,[1 + \alpha(T_1 - T_0)] = \tilde\omega_2[1 + \alpha(T_2 - T_0)].$$

***Étant données respectivement pour plusieurs gaz les quantités V_1, p_1, T_1, V_2, p_2, T_2,.... calculer le volume V du mélange à la température T et à la pression* p.**

Cherchons pour chaque gaz son volume V′ à la température T et à la pression p, on a :

$$\frac{p_1 + m'_1}{m_1 T_1 + m''_1 p_1 + m'_1 m''_1}\,V_1 = \frac{p + m'_1}{m_1 T + m''_1 p + m'_1 m''}\,V'_1,$$

$$\frac{p_2 + m'_2}{m_2 T_2 + m''_2 p_2 + m'_2 . m''_2}\,V_2 = \frac{p + m'_2}{m_2 T + m''_2 p + m'_2 m''_2}\,V'_2,$$

. . . .

mais on a de plus

$$V'_1 + V'_2 + V_3 + \ldots\ldots = V.$$

Donc,

$$\frac{(p_1 + m'_1)\,(m_1 T + m'' p + m'_1 m''_1)}{(p + m'_1)\,(m_1 T_1 + m''_1 p_1 + m'_1 m''_1)}\,V_1$$

$$+ \frac{(p_2 + m'_2)\,(m_2 T + m''_2 p + m'_2 m''_2)}{(p + m'_2)\,(m_2 T_2 + m''_2 p_2 + m'_2 m''_2)}\,V_2 + \ldots\ldots = V.$$

Telle est la loi du mélange des gaz. Pour retrouver la formule connue actuellement, il faut supposer nuls les coefficients m' et m'', et l'on a :

$$\frac{p_1 T}{p T_1}\,V_1 + \frac{p_2 T}{p T_2}\,V_2 + \ldots\ldots = V,$$

ou

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} + \frac{p_2 V_2}{T_2} + \ldots\ldots = \frac{pV}{T}.$$

CHAPITRE III.

Calcul des valeurs numériques des coefficients de l'équation

$$(p + \dot{m})\,(v + m') + m''T = o,$$

vérification des lois de la compressibilité et de la dilatation, trouvées par l'expérience, et calcul de T_0 et de A.

Nous venons de démontrer que les phénomènes de la compressibilité et de la dilatation sont vérifiés dans leur ensemble par la formule $(p + m')\,(v + m'') + m\,T = o$. Il reste à montrer quel est, en quelque sorte, le degré d'approximation numérique que l'on peut attendre de cette formule. D'abord, il faut dire comment ont été calculés les coefficients numériques contenus dans les formules (t) et (t').

Il n'y a pas d'expériences faites spécialement pour étudier l'influence de la température sur la compressibilité des gaz. M. Régnault les considérait comme très difficiles à réaliser, si ce n'est, toutefois, pour la température de 100°. Ce n'est donc que d'une manière indirecte et avec quelque incertitude qu'il est donné de calculer les coefficients de l'équation (s).

On devrait procéder de la manière suivante. Supposons que l'état d'un gaz soit rigoureusement défini par la formule

$$(p + m')\,(v + m'') + m\,T = o$$

pour des valeurs convenables des coefficients. Trois expériences sur la compressibilité, faites à une même température, permettraient de calculer m', m'' et le produit $m\,T$. Il suffirait d'une expérience faite à une température T_1 pour déterminer le coefficient m et aussi la valeur de T_0 qui correspond à la glace fondante. A défaut de cette dernière expérience on pourrait se servir d'un élément calorifique quelconque,

par exemple, de la valeur du coefficient de dilatation à pression constante que l'on introduirait dans l'équation (u).

Les expériences de M. Régnault sur la compressibilité sont faites uniquement en vue de montrer que les gaz ne suivent pas la loi de Mariotte; elles fourniraient difficilement les trois expériences nécessaires pour calculer m', m'' et mT, T étant la température de ces expériences. En effet, il faudrait faire subir aux résultats des corrections pour lesquelles on ne peut employer *a priori* que la formule $pv = \alpha p_0 v_0 T$; de plus, il faudrait éloigner les expériences relatives aux basses pressions, car, ainsi que le fait remarquer M. Régnault, l'erreur absolue commise dans l'évaluation des forces élastiques peut être considérée comme étant la même dans chacune des expériences; par suite, elle donne lieu à une erreur relative plus grande quand la force élastique est faible.

Or M. Régnault, après avoir construit des courbes qui représentent le mieux possible les résultats de ses expériences, en a déduit les coefficients de la formule

$$\frac{y}{x} = 1 + A(x - 1) + B(x - 1)^2,$$

destiné à représenter la loi de compressibilité à une température voisine de celle de ses expériences. Dans cette formule $y = \frac{p}{p_0}$ et $x = \frac{v_0}{v}$. Elle est du troisième degré en v et n'était, chose à remarquer, appliquée que pour des variations de pression peu considérables. Il m'a paru rationnel de prendre pour point de départ les nombres obtenus par M. Régnault, qui sont contenus en partie dans le tableau suivant :

I. — *Tableau des valeurs correspondantes de* p *et de* v *entre les températures de* 2° *et* 10°, *les pressions étant mesurées en atmosphères.*

$\frac{v}{v_0}$ Le volume de gaz sous la pression atmosphérique est pris pour unité.	HYDROGÈNE.	AIR.	ACIDE CARBONIQUE.
A B C 1	1.000	1.000	1.000
A $\frac{1}{2}$	2.001	1.998	1.983
A $\frac{1}{4}$	4.007	3.987	3.897
B $\frac{1}{5}$	5.012	4.979	4.829
B C $\frac{1}{10}$	10.056	9.916	9.226
$\frac{1}{15}$	15.139	14.825	13.187
C $\frac{1}{20}$	20.269	19.720	16.705

II. — Les lettres A, B, C de ce tableau indiquent les séries de valeurs correspondantes de p et v employées respectivement dans trois calculs qui ont donné :

	m''	m'	$M = mT$	
	— 0,00066	— 0,00033	— 0,99901	A
	— 0,00066	— 0,00044	— 0,99894	B
	— 0,00078	— 0,00158	— 0,99764	C
Hydrogène.	— 0,00070	— 0,00078	— 0,99853	Moyenne.
	+ 0,00117	— 0,00034	— 1,00083	A
	+ 0,00084	— 0,00090	— 0,99994	B
	+ 0,00038	— 0,00369	— 0,99656	C
Air.............	+ 0,00080	— 0,00169	— 0,99911	Moyenne.
	+ 0,00913	+ 0,00097	— 1,01010	A
	+ 0,00992	+ 0,00466	— 1,01458	B
	+ 0,01202	+ 0,02248	— 1,03450	C
Acide carbonique	+ 0,01036	+ 0,00937	— 1,01972	Moyenne.

Ce sont les moyennes de ces coefficients m', m'' qui ont servi à dresser les formules (t) et (t'). Si l'on prend ces valeurs pour calculer

les pressions correspondantes aux valeurs de v contenues dans le tableau I, on trouve :

III. — *Pression en atmosphères calculées au moyen de la formule* $(p + m')(v + m'') + m T = 0$ *pour la température des expériences de M. Regnault.*

$\frac{v}{v^0}$	HYDROGÈNE.	AIR.	ACIDE CARBONIQUE.
$\frac{1}{2}$	2.00065	1.997	1.989
$\frac{1}{4}$	4.006	3.986	3.908
$\frac{1}{5}$	5.011	4.977	4.838
$\frac{1}{10}$	10.056	9.913	9.232
$\frac{1}{15}$	15.153	14.803	13.233
$\frac{1}{20}$	20.254	19.676	16.885

La comparaison des deux tableaux permet de considérer comme étant déterminés approximativement les coefficients m' et m'' indépendants de la température. On remarquera comme ces coefficients très petits varient suivant les valeurs simultanées de p et v que l'on considère. Cela peut tenir à la forme de la fonction adoptée par M. Régnault. Des essais faits directement avec les séries d'expériences de ce savant, ont montré des divergences plus considérables provenant sans doute d'anomalies inévitables dans les expériences, et qui sont corrigées en partie dans la représentation graphique. Les variations des coefficients sont sans doute très importantes, comme nous le verrons plus loin, mais on peut s'assurer qu'elles n'ont pas une grande influence pour la compressibilité. Ainsi, prenant pour l'acide carbonique, celui des trois gaz qui offre des écarts plus considérables, les valeurs des coefficients marqués par la lettre B, on trouve $p = 16,936$ pour la pression correspondante à $\frac{v_0}{v} = 20$; en prenant les valeurs marquées par la lettre A, on trouve $p = 17,05$ pour la même réduction de volume. Ce n'est que par des mesures spéciales et entourées de toutes les garanties nécessaires que l'on pourrait savoir, comme on l'a fait pour la loi de

Mariotte, de quelle façon les gaz s'écartent de l'état défini par l'équation $(p + m')(v + m'') + m\text{T} = o$; toutefois, on est déjà certain qu'ils s'en écartent peu.

On peut dire que l'équation (s) exprime la loi de compressibilité à une température donnée d'une manière plus générale que la formule $pv = p_0 v_0 \text{T}$, qui pour tous les gaz donnerait $p = 20$ pour une réduction du volume au vingtième. Il y a plus, la formule calculée pour un gaz donne l'ensemble de ses propriétés thermiques comme nous l'avons déjà constaté et permet de calculer, avec une approximation remarquable, les valeurs numériques des grandeurs thermiques.

Sans entrer dans le détail des opérations qui permettent de déduire les formules (t) et (t') de celles dont nous venons de donner les coefficients, disons que les valeurs du coefficient moyen de dilatation à pression constante dont nous avons fait usage, sont : pour l'hydrogène, 0,00366; pour l'air, 0,00367, et pour l'acide carbonique, 0,00371. En prenant les valeurs marquées par la lettre C pour calculer les coefficients de l'équation relative à l'acide carbonique, on trouverait :

$$(1) \quad pv + 0{,}00621\, p + 0{,}02248\, v - 0{,}001919\, \text{T} + m'\, m'' = o.$$

Les valeurs de T_0 qui correspondent à ces différentes équations sont

pour l'hydrogène, { 273°01 si $\alpha = 0{,}00366$,
272,30 si on avait adopté pour α la valeur 0,00367

pour l'air, 272,30,

pour l'acide carbonique, { 272,70 correspondant aux équations (t) et (t'),
272,78 correspondant à l'équation (1) précédente.

Pour calculer l'équivalent thermique du travail, adoptons pour l'hydrogène $\text{C} = 3{,}409$ et $\frac{\text{C}}{c} = 1{,}4127$, pour l'air $\text{C} = 0{,}2375$ et $\frac{\text{C}}{c} = 1{,}4078$. Portons ces valeurs dans l'équation (r) $\text{A} = \frac{c - \text{C}}{m}$,

on a :

pour l'hydrogène, { $\frac{1}{\text{A}} = 423{,}6$ si $\alpha = 0{,}00366$
$= 424{,}6$ si $\alpha = 0{,}00367$

pour l'air, $\frac{1}{\text{A}} = 425{,}5$

Les coefficients de dilatation à volume constant se calculeront à l'aide de la formule (v).

	β résultant des expériences de M. Régnault.	β calculé par la formule (v)	
pour l'air	0,003667	0,003658	< 0,00367,
coefficient à pression constante ;			
pour l'acide carbonique	0,00369	0,003705	< 0,00371,
coefficient à pression constante.			

Les coefficients de dilatation à pression constante se calculeront d'après la formule (u) :

	Pressions	α résultant des expériences de M. Régnault	α calculé par la formule (u)
pour l'air	2^m, 144	0,003689	0,003676
	3^m, 655	0,003709	0,003681
pour l'acide carbonique	2^m,520	0,003846	0,003803
	16 atmosphères	0,00486	0,00439
calculé avec les formules (t),			
	2^m,520	0,003846	0,003816
	16 atmosphères	0,00486	0,004526
calculé avec la formule (1),			

Ces diverses applications montrent le parti que l'on pourrait tirer de la formule $(p + m'')(v + m'') + m\text{T} = o$, s'il était donné de déterminer les valeurs des coefficients au moyen d'expériences spéciales et précises, car on doit juger de l'importance des moindres variations de ces coefficients et on doit aussi se rappeler que ce n'est que d'après une formule empirique qu'ils sont obtenus. Il est possible de faire une vérification qui achèvera de fixer les idées. Considérons l'acide carbonique, qui offre les anomalies apparentes les plus considérables et sur lequel on a des données expérimentales suffisantes pour un nouveau calcul approximatif des coefficients.

En prenant pour données expérimentales : $\beta = 0{,}003688$, le volume constant étant celui du gaz à zéro et à 0,760 ; puis $\alpha = 0{,}00371$ à 0,760 et $\alpha = 0{,}003845$ à 2^m,520, on trouve.

$$(2) \qquad pv + 0{,}00774\, p + 96{,}07\, v - 19{,}566\, \text{T} + m'm'' = o,$$

avec $T_0 = 273°6$, qu'il faut adopter pour les calculs à faire au moyen de cette formule. Si, à l'aide de cette équation, on calcule les valeurs de p correspondantes aux réductions de volume au $\frac{1}{5}$, au $\frac{1}{10}$, au $\frac{1}{20}$, on trouve successivement en atmosphères 4,83 9,01, 15,98, dont le dernier s'écarte du nombre donné par M. Régnault au tableau I; mais, si l'on calcule α pour la pression de 16 atmosphères, on trouve 0,004806, tandis que M. Régnault donne 0,00486 et ce résultat est remarquable.

Ce qui est vrai pour l'acide carbonique est vrai pour les autres gaz et on peut dire : 1° que la formule $(p + m')(v + m'') + mM = o$, calculée avec des valeurs voisines de p et de v, vérifie les lois de la compressibilité pour des valeurs de p considérables, mais ne donne les coefficients de dilatation qu'avec une approximation qui peut paraître insuffisante ; 2° que cette formule, calculée avec des valeurs voisines de p et de α, vérifie les lois de la dilatation pour des valeurs de p considérables, mais ne donne la loi de compressibilité qu'avec une moindre approximation. Il résulte de cela que la formule que nous proposons pour représenter l'état gazeux s'applique avec une grande précision à la compressibilité et à la dilatation. Il résulte encore que les expériences de M. Régnault sur la compressibilité concordent entre elles, que celles sur la dilatation concordent également entre elles, mais que les premières ne sont pas d'accord avec les secondes, ce qui peut provenir, d'une part, de l'influence des appareils, différents pour les unes et les autres des deux séries de lois à vérifier ; et d'autre part, des corrections à faire subir aux observations.

CHAPITRE IV.

Applications.

Équations des courbes isothermes et des courbes adiabatiques pour les gaz.

Les courbes isothermes sont des hyperboles équilatères comprises dans l'équation $(p + m')\,(v + m'') + m\mathrm{T} = o$. On les obtient en attribuant à T des valeurs particulières. Les asymptotes sont les droites $p + m' = o$, $v + m'' = o$ et la puissance est $m\mathrm{T}$. Les asymptotes sont les mêmes pour les courbes isothermes d'un même gaz.

Pour avoir l'équation générale des courbes adiabatiques, il faut faire $d\mathrm{Q} = o$ dans l'équation (j), ce qui donne $\mathrm{C}\,d\mathrm{T} - \mathrm{AT}\,\frac{dv}{d\mathrm{T}}\,dp = o.$

Cette équation devient, en remplaçant $\frac{dv}{d\mathrm{T}}$ par sa valeur $-\frac{m}{p + m'}$,

$$\mathrm{C}\,d\mathrm{T} + \mathrm{A}\,\frac{m\mathrm{T}}{p + m'}\,dp = o \quad \text{ou} \quad \mathrm{C}\,\frac{d\mathrm{T}}{\mathrm{T}} + \mathrm{A}m\,\frac{dp}{p + m'} = o;$$

d'où l'on tire

$$(1) \qquad lg\,(v + m'')^{\mathrm{C}}\,(p + m')^{c} = \mu,$$

μ étant une constante arbitraire.

Poisson, partant de $pv = \alpha p_0 v_0 \mathrm{T}$, avait donné $lg\,v^{\mathrm{C}}\,p^{c} = \mu$; un simple changement de variables donne l'équation (1).

Il n'y a pas d'expériences concluantes sur la détente des gaz suivant les lignes adiabatiques, on doit dire cependant que M. Cazin a prouvé que la loi de Poisson n'est vérifiée que pour de faibles variations de pression.

Variation de l'énergie interne.

L'énergie interne est $\frac{U}{A}$, étudions la variation de U. En appliquant aux gaz l'équation (k), elle se modifie de la manière suivante :

$$dU = \left(C + A\,\frac{mp}{p+m'}\right) dT - A\left(\frac{mpT}{(p+m')^2} - \frac{mT}{p+m'}\right) dp,$$

ce qui peut s'écrire

$$dU = CdT + d.\left[\frac{AmTp}{p+m'}\right],$$

d'où

$$U_1 - U_0 = C(T_1 - T_0) + \frac{AmT_1p_1}{p_1+m'} - \frac{AmT_0p_0}{p_0+m'},$$

Équation dans laquelle l'indice zéro s'applique aux valeurs initiales qui déterminent la constante de l'intégrale.

En vertu de l'équation qui exprime l'état gazeux, on a :

$$\frac{mT_1p_1}{p_1+m'} - \frac{mT_0p_0}{p_0+m'} = -\,p_1(v_1 + m'') + p_0(v_0 + m'') =$$
$$= p_0v_0 - p_1v_1 + m''(p_0 - p_1).$$

On peut encore écrire

$$p_0v_0 - p_1v_1 + m''(p_0 - p_1) = m(T_1 - T_0) + m'(v_1 - v_0),$$

en sorte que

$$(2) \qquad U_1 - U_0 = (T_1 - T_0)\left[C + Am + Am'\,\frac{v_1 - v_0}{T_1 - T_0}\right].$$

Il faut se garder de remplacer $\frac{v_1 - v_0}{T_1 - T_0}$ par αv_0 ou, si on le fait, il ne faut pas oublier que α est une fonction de la pression. Ainsi se trouve infirmée l'assertion de M. Joule : l'énergie interne des gaz n'est fonction que de la température. Au contraire, $\frac{dU}{dp}$ n'est pas nul et U dépend de p. En effet, l'équation (g) donne pour les gaz :

$$\frac{dU}{dp} = -A\left[\frac{mpT}{(p+m')^2} - \frac{mT}{p+m'}\right] = A\,\frac{mm'T}{(p+m')^2}.$$

On doit comprendre l'importance de cette démonstration, si l'on

se rappelle les doutes émis par M. Verdet sur la démonstration expérimentale de M. Joule. M. Verdet a calculé, pour les appareils dont se servait M. Joule, qu'à une erreur de $\frac{1}{360}$ sur la lecture de la température au thermomètre centigrade répondent 9 unités de travail et que cela équivaut à dire que la température de l'air, soumis aux expériences, pouvait varier de 1°,4 sans qu'elle soit accusée par les appareils. Il est en outre à remarquer que la conclusion de notre calcul s'applique aussi bien à l'hydrogène et à l'acide carbonique qu'à l'air. On énonce donc une propriété générale des gaz en disant que l'énergie interne dépend de la température et de la pression. Remarquons enfin que le troisième terme de la parenthèse de l'équation (2) est petit, de sorte que l'on peut prendre sensiblement $U_1 - U_0 = c(T_1 - T_0)$, ce qui expliquerait l'erreur de M. Joule.

Quantité de chaleur absorbée par l'unité de poids d'un gaz qui se détend sur une ligne isotherme à la température T entre deux lignes adiabatiques données.

$dQ = o$ est l'équation différentielle des lignes adiabatiques, or $\frac{dQ}{T}$ est une différentielle exacte, et pour les gaz $\int \frac{dQ}{T} = \mu$, μ étant la fonction donnée par l'équation (1). Si donc le gaz se détend sur une ligne isotherme T, entre deux lignes adiabatiques que je représente par les indices 1 et 2, et pour lesquelles μ prend les valeurs μ_1 et μ_2, on a :

$$Q = T(\mu_2 - \mu_1),$$

d'où

$$Q = T\, lg. \left(\frac{p_2 + m'}{p_1 + m'}\right)^c \left(\frac{v_2 + m''}{v_1 + m''}\right)^C,$$

ou bien

$$Q = T\, lg. \left(\frac{v_2 + m''}{v_1 + m''}\right)^{C - c},$$

ce qui peut encore s'écrire

$$Q = mAT\, lg. \frac{v_2 + m''}{v_1 + m''}. \quad (3)$$

L'ancienne théorie des gaz donne

$$Q = A\alpha p_0 v_0 T \, lg. \frac{v_2}{v_1}.$$

L'équation (3) servirait à corriger les calculs faits pour les machines à gaz en adoptant l'hypothèse des gaz parfaits. Mais les formules employées pour cette application sont suffisamment exactes en faisant $m'' = o$, et c'est pour une étude plus intime des gaz qu'il faut conserver tous les coefficients de la nouvelle équation.

De l'écoulement des gaz.

Considérons un filet gazeux où nous supposons qu'il n'y a pas de changement brusque de section et, par suite, pas de changement brusque de vitesse. Supposons, en outre, que le mouvement ait lieu par tranches comprises entre des sections planes sensiblement parallèles et perpendiculaires à la direction du filet. Enfin, décomposons ce filet en tranches qui se substituent les unes aux autres pendant le temps dt infiniment petit. Appliquons, pendant ce temps, le théorème des forces vives à la masse gazeuse contenue dans l'une de ces tranches. Soient m la masse d'une molécule, w sa vitesse, dz la quantité dont elle s'abaisse verticalement pendant le temps dt, M la masse de la tranche, E l'équivalent mécanique de la chaleur, dQ la quantité de chaleur que reçoit la tranche pendant le temps dt. Le travail des pressions est $-\,\mathrm{M}gd(pv)$, car, si v_0 est le volume spécifique de la masse gazeuse contenue dans la tranche, $\mathrm{M}gv_0$ est le volume de cette tranche et c'est précisément le volume engendré par l'une des faces où la pression est p_0; de même le volume engendré par l'autre face, où la pression est p_1, est le volume de la tranche suivante, soit $\mathrm{M}gv_1$, si v_1 est le volume spécifique correspondant à cette tranche; il résulte de là que le travail des pressions est $\mathrm{M}g(p_0v_0 - p_1v_1)$, soit $-\,\mathrm{M}gd(pv)$, puisqu'il s'agit de tranches infiniment voisines. On a donc

$$\Sigma m\mathrm{W}\, d\mathrm{W} + \mathrm{M}g\mathrm{E}\, d\mathrm{U} = \mathrm{M}g\mathrm{E}\, d\mathrm{Q} + \Sigma mg\, dz - \mathrm{M}gd(pv).$$

Pour étudier le mouvement intérieur de la masse ou, ce qui revient au même, le mouvement relatif au centre de gravité, appliquons le théorème des forces vives au mouvement relatif au centre de gravité. Remarquons que, si la pression extérieure était uniforme, le travail de

la pression serait pdv. Il n'en est pas ainsi, mais la différence qui résulterait des petites variations de pressions serait un infiniment petit d'un ordre supérieur que l'on doit négliger. Supposons que la partie de dQ qui se transforme en énergie sensible soit petite, on aura :

$$\mathrm{E}d\mathrm{Q} = \mathrm{E}d\mathrm{U} + pdv.$$

En conséquence

$$\Sigma mwdw = \Sigma mgd\zeta - \mathrm{M}gd(pv) + \mathrm{M}gpdv.$$

Dans chaque tranche on peut, sans erreur sensible, considérer la vitesse du centre de gravité comme étant celles de toutes les molécules, et d'ailleurs $\Sigma mgd\xi = \mathrm{M}gdz$, dz étant la quantité dont s'abaisse le centre de gravité d'une tranche pendant le temps dt. On peut donc écrire :

$$\frac{wdw}{g} = dz - d(pv) + pdv;$$

d'où l'on déduit en intégrant :

$$\frac{w_1^2}{2g} - \frac{w_0^2}{2g} = z_0 - z_1 - \int_0^1 vdp.$$

Si la température est constante $(p + m')(v + m'') + m\mathrm{T} = o$, d'où $v = -\dfrac{m\mathrm{T} + m''p + m'm''}{p + m'}$ et

$$\int_0^1 vdp = -\int \frac{m\mathrm{T} + m'm'' + m''p}{p + m'}\,dp.$$

$$= -m\mathrm{T}\ lg.\ \frac{p_1 + m'}{p_0 + m'} - m''(p_1 - p_0).$$

Si la température varie, il faudra connaître non seulement l'état initial p_0, v_0, T_0 et l'état final p_1, v_1, T_1, mais encore tous les états intermédiaires et l'intégration devra être effectuée de proche en proche. Cependant pour le cas où $dQ = o$, on a la relation $(p + m')(v + m'')^\gamma = k$, γ étant égal à $\dfrac{\mathrm{C}}{c}$, d'où l'on déduit $v = k^{\frac{1}{\gamma}}(p + m')^{-\frac{1}{\gamma}} - m''$; de sorte que l'on a

$$\int_0^1 vdp = \int_0^1 \left[k^{\frac{1}{\gamma}} (p + m')^{-\frac{1}{\gamma}} - m''\right]dp.$$

$$= k^{\frac{1}{\gamma}} \frac{\gamma}{\gamma - 1}\left[(p_1 + m')^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - (p_0 + m')^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right] - m''(p_1 - p_0).$$

Vitesse de propagation du son dans l'air.

Laplace a donné pour trouver la vitesse v de propagation du son dans l'air la formule.

$$(1) \qquad v^2 = \frac{p_0 g \gamma}{\varpi_0}(1 + \alpha\theta),$$

ou γ est le rapport $\frac{C}{c}$, ϖ_0 le poids spécifique de l'air à zéro degré et sous la pression p_0 et θ la température de l'air pendant l'expérience.

En reprenant l'analyse de Laplace, mais en employant la formule $(p + m')(v + m'') + m\mathrm{T} = o$ au lieu de la formule $pv = \alpha p_0 v_0 \mathrm{T}$, dont il s'est servi, on trouve

$$(2) \qquad v^2 = -\frac{(m\mathrm{T}_1 + m''p + m'm'')^2}{m\mathrm{T}} g\gamma.$$

La commission du bureau des longitudes avait trouvé $v = 340^m,89$ pour $t = 15°9$, $g = 9,80\,896$ et $p_0 = 0,760$. En adoptant pour coefficient de dilatation 0,00375, nombre qui était admis à cette époque, on obtient $\gamma = 1,406$, en se servant de la formule (1); on aurait trouvé $\gamma = 1,41$, en prenant $\alpha = 0,00366$.

La formule (2) donne avec les valeurs des coefficients indiquées plus la valeur de $\gamma = 1,40$.

CONCLUSION.

De ce qui vient d'être exposé dans ce mémoire, on peut tirer les conséquences suivantes :

Pour calculer la fonction λ telle que $\frac{dQ}{\lambda}$ en une différentielle exacte,

il n'est pas nécessaire de se servir de l'hypothèse de l'état gazeux parfait qui ne s'applique à aucun des gaz connus. Il est préférable de prendre la propriété des gaz définie par l'expression $\frac{dC}{dp} = o$. Car, tandis que les lois de Mariotte et de Gay-Lussac ne se vérifient pas, l'expérience indique d'une manière très précise, tout au moins pour l'hydrogène et l'air, que la capacité calorifique à pression constante est indépendante de la pression.

En admettant pour les gaz que les deux chaleurs spécifiques sont indépendantes de la pression et de la température, on trouve une équation à trois coefficients qui représente, même pour l'acide carbonique, l'ensemble des lois de la compressibilité et de la dilatation ; de sorte que les gaz naturels se rapprochent beaucoup de l'état défini par cette équation, alors qu'ils s'écartent tous de l'état gazeux parfait.

Il y a plus, tout en regrettant que l'on n'ait pas les expériences nécessaires pour trouver les valeurs des coefficients, qui donneraient à la formule une grande exactitude dans de certaines limites de température et de pression assez étendues probablement, on peut être certain que les propriétés des gaz, aussi bien de l'hydrogène que de l'acide carbonique, sont tellement liées par la nouvelle équation, qu'il est possible de ne plus raisonner sur les gaz par inégalités, comme on l'a fait jusqu'ici, et que, au contraire, on peut compter sur l'approximation numérique des quantités calorifiques, rapprocher des nombres isolés obtenus péniblement par l'expérience et calculer des nombres intermédiaires.

On peut donc rejeter la dénomination de gaz parfaits et prendre la nouvelle formule, qui permet de pénétrer plus avant dans la connaissance des gaz, qui peut aider à l'expérimentation et surtout la compléter, en disposant des coefficients dans des limites convenables de température et de pression.

NOTE

SUR LE CALCUL DES COEFFICIENTS.

Vu l'importance que prennent les vérifications numériques de ce mémoire, je crois devoir indiquer les calculs qu'il a été nécessaire d'effectuer pour obtenir les coefficients de la formule $(p+m')(v+m'')+mT=o$, relatifs aux trois gaz considérés.

Les nombres du tableau II, de la page 459 fournissent :

Hydrogène	$pv - 0{,}00070\,p$	$- 0{,}00078\,v$	$- 0{,}99853$	$= o,$
Air	$pv + 0{,}00080\,p$	$- 0{,}00169\,v$	$- 0{,}99911$	$= o,$
Acide carbonique	$pv + 0{,}01036\,p$	$+ 0{,}00937\,v$	$- 1{,}01972$	$= o.$

Ces nombres résultent de ceux que M. Régnault a obtenus, comme je l'ai dit, avec une formule empirique, applicable de proche en proche et entre les températures de 2° et 10°.

Pour obtenir les formules qui correspondent au volume de l'unité de poids, il suffit, par approximation, de multiplier les coefficients m'' et mT, par $\frac{1+6\alpha}{\varpi}$, 6 étant la température moyenne entre 2° et 10° et ϖ étant le poids spécifique à 0° et 0,760 du gaz considéré ; on a ainsi :

Hydrogène	$pv - 0{,}007984\,p$	$- 0{,}00078\,v$	$- 11{,}392$	$+ m'm''$	$= o,$
Air	$pv + 0{,}000632\,p$	$- 0{,}00169\,v$	$- 0{,}78956$	$+ m'm''$	$= o,$
Acide carbonique	$pv + 0{,}00534\,p$	$+ 0{,}00937\,v$	$- 0{,}52701$	$+ m'm''$	$= o.$

Ces formules fourniraient la valeur de mT_o, en y faisant $p=1$, $v=\frac{1}{\varpi}$; on obtient ainsi :

Hydrogène	$- 11{,}1404,$
Air	$- 0{,}7726,$
Acide carbonique	$- 0{,}5158.$

N'ayant pas d'expérience sur la compressibilité à une température élevée, il a fallu déterminer m d'une manière indirecte. Nous nous sommes servi du coefficient de dilatation à pression constante.

$$\alpha = \frac{m}{mT_o + m''p_o + m'm''}.$$

En prenant $\alpha = 0{,}00366$ pour l'hydrogène, 0,00367 pour l'air et 0,00371 pour l'acide carbonique, on obtient :

Hydrogène $pv - 0{,}00798\,p - 0{,}00078\,v - 0{,}04083\,T + m'm'' = o,$
Air $pv + 0{,}000632\,p - 0{,}00169\,v - 0{,}002833\,T + m'm'' = o,$
Acide carbonique $pv + 0{,}00535\,p + 0{,}00937\,v - 0{,}001894\,T + m'm'' = o.$

Pour l'acide carbonique, en prenant les nombres marqués de la lettre C au tableau II, on a :

$$pv + 0{,}006212\,p + 0{,}02248\,v - 0{,}001919\,T + m'm'' = o,$$
$$\text{avec } mT_0 = 0{,}52347.$$

Enfin, pour obtenir les formules où p est exprimé en kilogrammes, il faut multiplier les coefficients m' et m des formules précédentes par 0,76.13596. Ce qui donne :

Hydrogène $pv - 0{,}00798\,p - 8{,}0595\,v - 421{,}90\,T + m'm'' = o.$
Air $pv + 0{,}000632\,p - 17{,}463\,v - 29{,}273\,T + m'm'' = o,$
Acide carbonique $pv + 0{,}00535\,p + 96{,}817\,v - 19{,}570\,T + m'm'' = o.$

Remarquons l'analogie entre les coefficients m de cette équation et les valeurs de $\alpha p_0 v_0$ admises pour les trois gaz respectivement.

Enfin, nous avons donné pour l'acide carbonique la formule :

$$(2)\qquad pv + 0{,}00774\,p + 96{,}070\,v - 19{,}566\,T + m'm'' = o,$$

obtenue en prenant pour point de départ les coefficients de dilatation à volume constant et deux coefficients de dilatation à pression constante.

Le système d'équations à résoudre est le suivant :

$$mT_0 + m'm'' + m''p_0 - \frac{m}{\alpha_0} = o,$$
$$mT_0 + m'm'' + m''p_0 - \frac{m}{\alpha_1} = o,$$
$$mT_0 + m'm'' + m'v_0 - \frac{m}{\beta} = o,$$
$$mT_0 + m'm'' + m'v_0 + m''p_0 + p_0v_0 = o.$$

Les données sont :

$$p_0 = 0{,}760,\qquad \alpha_0 = 0{,}00371,\qquad \beta = 0{,}003688,$$
$$p_1 = 2{,}520,\qquad \alpha_1 = 0{,}003845\qquad \frac{1}{v_0} = \varpi_0 = 1{,}977414.$$

Pour résoudre ces systèmes d'équations, je pose :

$$\frac{mT_0 + m'm''}{\frac{p_1}{\alpha_0} - \frac{p_0}{\alpha_1}} = \frac{m''}{\frac{1}{\alpha_1} - \frac{1}{\alpha_0}} = \frac{m}{p_1 - p_0} =$$
$$= \frac{m'v_0}{(p_1 - p_0)\frac{1}{\beta} - \left(\frac{p_1}{\alpha_1} - \frac{p_0}{\alpha_1}\right)} = \frac{p_0v_0}{(p_1 - p_0)\frac{1}{\beta} + \left(\frac{1}{\alpha_1} - \frac{1}{\alpha_0}\right)p_0}.$$

En effectuant, on a :

$$\frac{mT_0 + m'm''}{481,60} = \frac{m''}{-9,47} = \frac{m}{1,760} = \frac{m'v_0}{477,22-481,60} = -\frac{0,38434}{477,22-7,1972};$$

d'où

$$pv + 0,0077437\,p + 0,007066\,v - 0,0014391\,T + m'm'' = o,$$
$$\text{avec } T_0 = 273^\circ,60 \qquad \text{et } mT_0 = 0,39380;$$

dans cette équation, p est exprimé en mètres de mercure. En transformant cette équation, on obtient l'équation (2), où p est exprimé en kilogrammes.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE PREMIER.

Établissement des formules de la thermodynamique, sans le secours de la formule $pv = \alpha p_0 v_0 T$ 442

CHAPITRE II.

Établissement de la formule $(p + m')(v + m'') + mT = o$, qui exprime l'état gazeux 450

CHAPITRE III.

Calcul des coefficients de cette équation et vérification numérique des lois de la compressibilité et des lois de la dilatation, par la comparaison des pressions et des coefficients de dilatation calculés d'après cette formule, avec les nombres que M. Regnault a trouvés expérimentalement 457

CHAPITRE IV.

Applications. — Courbes isothermes. — Courbes adiabatique. — La chaleur interne dépend de la température et de la pression ; expérience de M. Joule. — Formule du mouvement des gaz dans l'hypothèse du déplacement par branches parallèles. — Vitesse de propagation du son dans l'air 464

CONCLUSION.

On peut abandonner l'hypothèse des gaz parfaits et l'équation $(p + m')(v + m'') + mT = o$ lie tellement les propriétés des gaz, aussi bien celles de l'acide carbonique que celles de l'hydrogène, qu'il est possible de la substituer à l'expérience pour le calcul des éléments calorifiques 469

NOTE SUR LE CALCUL DES COEFFICIENTS.

Exposition des calculs numériques des coefficients de la formule $(p + m')(v + m'') + mT = o$ 471

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

ALPHONSE SALVETAT

Par M. L. CLÉMANDOT.

Salvetat (Louis-Alphonse), né à Paris, le 17 mai 1820, fit ses études à la pension Saint-Victor, rue Blanche, et au collège Bourbon, de 1833 à 1837, où il obtint des succès sérieux.

Il entra à l'École centrale des Arts et Manufactures, où il obtint une bourse. C'est comme chimiste qu'il suivit les cours de troisième année et obtint le premier diplôme de sa spécialité en 1841.

M. Dumas, qui l'avait apprécié pendant son séjour à l'École et dont l'influence bienveillante se fit sentir dans toute sa carrière, le fit entrer immédiatement comme chimiste-analyste au laboratoire des recherches de la manufacture de Sèvres.

En récompense de ses recherches et de ses studieux efforts, M. Alexandre Brongniart, alors directeur de la manufacture de Sèvres, le fit nommer, en 1846, chef des travaux chimiques et réunit au laboratoire de recherches la fabrication de couleurs, et la cuisson des peintures, que la mise à la retraite de M. Bunel, chimiste de l'établissement, venait de laisser sans direction.

Il avait, en 1843, pris place dans la famille de la manufacture en épousant l'une des filles de l'agent-comptable.

A. Brongniart mourut en 1847. Il fut remplacé par J. Ebelmen, ingénieur des mines, qui associa de suite Salvetat à la grande généralité de ses travaux. Il en fut de même, en 1852, lorsqu'à sa mort Victor Régnault vint prendre la direction de la manufacture de Sèvres. Mais depuis 1846, le laboratoire de la manufacture avait pris une grande

importance, et c'est seulement aux recherches spéciales, à la fabrication et à la décoration des porcelaines que Salvetat dût coopérer.

Sous ces deux directions, Salvetat a élucidé les questions les plus importantes de l'art céramique, il a doté la manufacture de Sèvres, d'une collection complète de couleurs et de types pour la décoration des porcelaines, et la plupart des décorateurs de France et de l'étranger ne tardèrent pas à recourir à ses conseils.

Il dirigeait en même temps la cuisson des œuvres d'art qui ont été de tout temps la réputation des ateliers de peinture de la manufacture de Sèvres, et suivant les résultats obtenus par ses couleurs.

La peinture sur verre, la peinture sur émaux, la décoration des faïences et tout dernièrement encore la mosaïque italienne, furent tour à tour le sujet de ses recherches et de ses travaux au fur et à mesure que des ateliers d'essais sur ces fabrications étaient installés à la manufacture.

Dès 1848, un enseignement spécial de technologie céramique avait été créé à l'École centrale des Arts et Manufactures, et Salvetat avait déjà assez de notoriété pour être chargé de professer ces leçons.

A ces cours étaient bientôt venues s'adjoindre des notions sur le blanchiment, la teinture et l'impression des tissus. Enfin en 1865, lorsque les cours de l'École centrale devinrent distincts pour les élèves de seconde et de troisième année, l'ensemble des leçons professées par Salvetat, sous le nom de technologie chimique, fut consacré par une série d'examens parculiers, et par un examen général.

A la mort de Payen, Lamy qui dût lui succéder abandonna les leçons qu'il professait sur la métallurgie des métaux autres que le fer et ses dérivés. Ces leçons furent jointes au cours de technologie chimique, un ou deux projets sur ces divers cours vinrent s'ajouter aux travaux des élèves, et formèrent un ensemble qui mit Salvetat sur le pied des autres professeurs étrangers au conseil de l'École.

Admis à la Société des Ingénieurs civils comme membre sociétaire, il devint membre du Comité, puis l'un des vice-présidents, enfin président en 1865.

D'une activité excessive et doué d'un travail facile, Salvetat embrassa dans ses recherches toutes les branches des arts chimiques.

Il fit de nombreuses analyses sur la qualité des eaux tant pour la

Compagnie du chemin de fer du Nord, que pour la Compagnie Parisienne du gaz, sur la demande de deux camarades de promotion, Alquié et Arson.

Les grands procès industriels le virent figurer comme conseil ou comme expert. Les procédés de dorure et de métallisation des faïences et porcelaines par le procédé Brianchon. La fabrication de la glace artificielle par les appareils Carré. La gravure des cristaux par l'acide fluorhydrique. La fabrication des matières tinctoriales dérivées des produits des goudrons de houille, etc., furent pour lui l'occasion de travaux importants.

Lauréat de la Société industrielle de Mulhouse, il devint membre de la Société philomatique de Paris et de celle de Bordeaux.

Membre du Comité des Arts chimiques de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale depuis 1851, il fit un moment partie de son Conseil d'administration.

Il fut membre du Comité de rédaction et l'un des fondateurs des *Annales du génie civil*, expert près le Tribunal civil de première instance de la Seine, enfin président honoraire de la Société des Arts chimiques et agricoles.

Sa situation à la manufacture de Sèvres et sa réputation comme céramiste lui valurent d'avoir été membre suppléant de la Commission française du jury international pour l'Exposition de 1851, et de faire, en collaboration avec Ebelmen, le rapport de cette exposition.

Membre du Jury international à l'Exposition de Paris en 1855 et de Londres en 1862, il fut nommé rapporteur de ces expositions.

Il prit une part active à l'étude des tarifs des traités de commerce de 1860 pour la céramique et la verrerie, et fit successivement partie des jurys des récompenses des Expositions de Dijon, de Bordeaux, de Limoges et de Bayonne.

En 1867, il était membre du Jury d'admission à l'Exposition internationale de Paris. En 1878, il était président de ce jury d'admission et fit partie du jury des récompenses. Il avait été même chargé de la rédaction de quelques parties du rapport général de cette exposition et venait de mettre la dernière main à ces travaux, lorsque la mort vint le frapper. M. de Luynes voulut bien se charger de la correction des placards et d'en poursuivre l'impression.

Si nous avions dû relater les travaux divers auxquels s'est livré Salvetat, nous eussions été obligés de dresser une sorte de catalogue

des ouvrages si nombreux auxquels il avait collaboré. On comprend que son savoir, sa science analytique, son amour du travail et la possession d'un laboratoire si propre aux recherches scientifiques ont dû le faire bien souvent rechercher comme collaborateur. Les noms des Brongniart, des Ebelmen, des Stanislas Julien, sont unis à ceux de Salvetat. En un mot, Salvetat laisse après lui le fruit d'un labeur considérable.

Je tiens cependant à ajouter aux nombreux mérites de Salvetat, celui d'avoir pu apporter sa part, dans la création d'un nouveau produit céramique une porcelaine qui tiendra le milieu entre l'ancienne porcelaine tendre de Sèvres et la porcelaine dure chinoise. Ce nouveau produit est élaboré à Sèvres, sous la haute direction de M. Lauth, le directeur actuel, par M. Vog, l'habile chimiste du laboratoire des recherches, et par M. Millet, le praticien expérimenté chargé du service des pâtes, tous, avec une loyauté qui les honore, m'ont dit que c'était dans les travaux analytiques de Salvetat qu'ils avaient puisé les éléments de ce nouveau produit céramique qui, par ses qualités particulières, aura, je n'en doute pas, un grand retentissement.

A la suite de l'Exposition de 1855, Salvetat avait été nommé chevalier de la Légion d'honneur. Il reçut les ordres de Charles III d'Espagne, en 1868, et de Santiago de Portugal, en 1872.

Atteint depuis 1868 d'une affection goutteuse, la période néfaste de 1870-71 ne fit qu'aggraver sa situation. Depuis le 19 septembre, jour de l'investissement de Paris, jusqu'à la levée du siège, il dut, éloigné des soins de sa famille, rester avec ses collègues à la manufacture de Sèvres, et malgré une sauvegarde accordée le 14 octobre par le Prince royal de Prusse, disputer au milieu des plus grands dangers, à la rapacité des avants-postes, les dernières richesses céramiques et les modèles que l'on n'avait pu évacuer sur Paris.

La goutte progressa rapidement au point de paralyser son activité et de le tenir des mois entiers sans lui permettre de quitter la chambre. A peine avait-il atteint la limite d'âge qu'après trente-quatre années de services, Salvetat fut le 18 juillet 1880 admis à faire valoir ses droits à la retraite et dut quitter la manufacture de Sèvres.

Ce lui fut un chagrin d'autant plus grand qu'il n'y était pas préparé. Il ne voulut pas cependant quitter Sèvres, où il avait passé près de quarante années de son existence.

A dater de ce jour, la maladie suivit une phase nouvelle, les crises

devinrent plus rares et moins aiguës, mais ce n'était qu'une transformation et elle n'en était que plus dangereuse.

Au mois de janvier 1882, Salvetat dut se résigner, et non sans de nombreuses hésitations, à faire parvenir sa démission de professeur à l'École centrale, sentant bien qu'il ne pourrait plus jamais professer les leçons qu'il ne faisait déjà plus que de loin en loin. Ce fut les larmes aux yeux qu'il reçut la lettre par laquelle l'acceptation de cette démission lui était annoncée.

Enfin le 29 avril, croyant à une amélioration et sollicité par deux expertises qu'il avait promis de faire, il se mit en route; malgré les craintes de sa famille, il vint passer la nuit chez des amis, et c'est en se levant le 30 au matin qu'il fut saisit par une attaque d'apoplexie séreuse qui l'emporta.

Le corps de Salvetat fut ramené à Sèvres et déposé dans le caveau de famille, le 5 mai, en présence de quelques amis qui avaient pu être prévenus assez à temps pour assister à ses funérailles.

Puisse ce faible tribut payé à la mémoire de notre regretté collègue, par un ami qui a assisté à la carrière entière de Salvetat, depuis son entrée à la manufacture de Sèvres, en 1841, jusqu'à sa mort, apporter sinon une consolation, du moins un adoucissement à la douleur profonde de sa famille; de sa veuve, Mme Salvetat; de sa fille, si remarquablement intelligente, Mlle Salvetat; et de son fils, notre collègue. M. Hippolyte Salvetat, ingénieur, ancien élève de l'École centrale, qui a su déjà dans une carrière toute spéciale (l'exploitation des mines) devenir un ingénieur habile, et se montrer le digne fils de celui dont il saura porter glorieusement le nom.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE NOVEMBRE 1882

Séance du 3 Novembre 1882.

PRÉSIDENCE DE M. Émile TRÉLAT.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 20 octobre est adopté.

M. LE PRÉSIDENT. Messieurs, je vous annonce que M. Nobel vient d'être nommé Officier de la Légion d'honneur.

La Société a reçu de MM. Lavoinne et Pontzen un ouvrage sur les chemins de fer en Amérique. Il serait bien désirable que nous pussions avoir un rapport sur ce travail important; j'espère que M. Desgrange voudra bien s'en charger.

M. Charles Girard nous a envoyé sa publication récente relative aux falsifications des denrées et aux travaux du laboratoire municipal. Je connaissais ce livre; c'est un travail très plein et très intéressant qui dévoile les conditions dans lesquelles les falsifications se développent aujourd'hui. J'avais obtenu de M. Girard qu'il fît aujourd'hui une communication à propos de ce travail. Il avait très gracieusement accepté ma proposition; mais il n'est pas bien portant, depuis quelque temps; il allait mieux ces jours-ci; l'état de sa santé ne lui permet pourtant pas de venir aujourd'hui, et il m'a écrit pour me prier de l'excuser auprès de vous. Je le regrette beaucoup; son livre rappelle une œuvre très importante de la ville de Paris : l'établissement de ce puissant laboratoire municipal, armé de riches moyens, faisant la guerre aux falsifications de nos denrées. Cette guerre est absolument semblable à la guerre qui se fait entre les boulets et les cuirasses; car à mesure que les moyens de reconnaître et de réprimer

la falsification se développent, l'habileté de la falsification se développe; combattre la falsification c'est remonter sans cesse un rocher de Sisyphe. Mais enfin, notre laboratoire municipal est très bien organisé et fonctionne très puissamment.

M. Vauthier nous adresse une lettre sur le port de La Rochelle. Vous savez quelle est sa compétence sur ce sujet et la sympathie qu'il nous témoigne toujours.

M. le Secrétaire donne lecture de la lettre de M. Vauthier :

Paris, 3 novembre 1882.

« Mon cher Président,

« Je regrette vivement de n'avoir pas assisté à la séance du 20 octobre, et regrette encore plus d'être dans l'impossibilité d'assister à celle de ce soir. Si j'eusse suivi l'excellente communication de M. Douau, j'aurais dit avec vous, à propos du port de La Pallice, que la détermination de son emplacement est le résultat heureux d'une étude des plus remarquables de M. Bouquet de la Grye. J'eusse ajouté, à l'adresse de notre éminent collègue M. Cotard, que, malheureusement, en face des profondeurs qu'exige la grande navigation moderne, le port actuel de La Rochelle ne pouvait être utilisé Et, quant au nouveau port, j'aurais reproduit quelques-unes des observations que j'ai soumises sur place à M. Bouquet de la Grye et aux ingénieurs chargés des travaux.

« Sans désespérer aucunement de l'avenir des ports du golfe de Gascogne et de Bordeaux notamment, la création d'un grand port à La Rochelle me paraît se justifier parfaitement par les considérations qu'a invoquées M. Bouquet de la Grye et que M. Douau a reproduites sommairement; mais c'est seulement dans l'hypothèse d'un grand établissement maritime que la conception du port de La Pallice se justifie. Si le développement de bassins devait se borner à ce qui est aujourd'hui en cours d'exécution, on trouverait que 1,700 mètres linéaires de quais utilisables c'est bien cher pour 19,500,000 francs. L'avant-port serait beaucoup trop coûteux pour l'importance des bassins qu'il commande. Il faut donc, et les considérations économiques y sollicitent, prévoir pour le port de La Pallice de larges développements ultérieurs.

« Les auteurs du projet actuel y ont bien songé, mais leur conception, sous ce rapport, ne m'a pas paru parfaite. Effrayés de l'élévation des terrains à déblayer pour créer les plates-formes, au cas où les bassins ultérieurs feraient suite et se rattacheraient intimement à ceux que l'on construit, ils ont choisi, pour l'emplacement des nouveaux bassins qu'il y aurait lieu de créer, une dépression de terrain placée entre le nouveau port et la ville, mais qu'il faudrait raccorder avec les bassins en construction par un canal long de 1,500 à 1,600 mètres.

« La Rochelle aurait ainsi trois ports : son vieux port actuel; le groupe

de bassins de La Pallice, et les nouveaux bassins que l'on construirait dans l'anse de Vaugoin.

« C'est ce résultat qui m'a paru fâcheux, peu convenable pour une bonne exploitation commerciale ; et c'est alors que j'ai montré comment on pouvait concevoir un grand établissement maritime, comportant, comme le Havre, 10 kilomètres de quais à flot, se rattachant intimement à l'amorce que l'on construit, s'étendant jusqu'à l'anse en question, — par suite, aussi rapprochés de la ville, — et n'exigeant pas un supplément de déblais de plus de 10 à 12 millions de mètres cubes, ce qui, au faible prix de revient de déblais par masses dans ces conditions, ne doit pas faire reculer dans une grande entreprise de ce genre.

« Je comprends parfaitement la réserve avec laquelle marche l'administration publique dans ces affaires, où les dépenses se présentent par dizaines de millions ; mais il serait fâcheux qu'il fût fait, dans les bassins qui se construisent, rien qui empêchât le développement rationnel du port de La Pallice ; et que, pour n'avoir pas déterminé en temps utile le périmètre à occuper pour les travaux d'extension, on se trouvât, pour l'acquisition ultérieure des terrains, en présence de difficultés insurmontables.

« La Pallice n'est pas le seul de nos ports maritimes pour lequel une question analogue se pose en ce moment.

« Soyez assez bon, mon cher Président, pour excuser ces développements, que j'abrège autant que possible, et veuillez agréer l'expression de mes sentiments cordialement dévoués.

« Vauthier. »

M. le Président. Je remercie M. Vauthier de sa très intéressante observation et de l'empressement avec lequel il est toujours prêt à nous renseigner, aussitôt que sa compétence peut trouver sa place ici.

M. le Secrétaire donne lecture d'une lettre de M. Mékarski :

« Monsieur le Président,

« Ayant transporté ma résidence à Nantes depuis quelques semaines, je n'ai pu assister à la séance du 6 octobre, dans laquelle on a donné lecture d'une note de M. Léon Francq, contenant des assertions que je ne puis laisser passer sans en relever l'inexactitude.

« Les observations que j'ai présentées il y a six mois, sur les mérites relatifs de la traction par l'eau surchauffée et par l'air comprimé, à la suite d'une communication où ce dernier système était jugé, à mon avis, un peu légèrement, n'ont pas dépassé, je crois, les limites d'une discussion purement scientifique, et je me suis attaché à n'avancer aucun fait plus ou moins contestable, me bornant à faire voir, par des raisonnements qu'il me semble difficile de rétorquer, que le système à air comprimé ne pouvait être, *à priori*, déclaré inférieur à aucun autre, sous le rapport économique. J'ajoutais qu'il serait aujourd'hui facile d'élucider complètement la ques-

tion par des expériences comparatives, les locomotives à eau surchauffée qui fonctionnent à Lille y faisant le même service que les nôtres à Nantes, mais je me gardais de faire usage de renseignements qui pouvaient ne pas être rigoureusement exacts, en annonçant d'avance, comme j'aurais pu être tenté de le faire, que cette comparaison tournerait à l'avantage de l'air comprimé.

« M. Francq n'a pas imité cette réserve et, bien qu'il ait eu la courtoisie de faire précéder ses critiques de paroles élogieuses, dont je le remercie, il a apporté dans la discussion des affirmations dont il me permettra de lui dire qu'il aurait dû, tout au moins, vérifier l'exactitude.

« Ainsi, d'après lui, il n'y aurait aucune analogie entre les conditions de fonctionnement de nos locomotives de Nantes et de celles de Lille. Or, toutes les personnes qui ont passé dans la première ville un dimanche d'été, ont pu y voir nos remorqueurs de 7 tonnes et demie traînant deux grandes voitures à impériale dans lesquelles nous recevons souvent jusqu'à 60 personnes, soit pour les deux 100 à 120 voyageurs. La machine fait ainsi, sans peine, l'aller et le retour, soit plus de 12 kilomètres. Serait-il indiscret de demander à M. Francq si les locomotives de Lille en font autant?

« Ces remorqueurs ne sortent, d'ailleurs, que les jours d'affluence, nos automobiles suffisant en semaine à tous les besoins, car elles portent fréquemment, aux heures où la circulation est le plus active, jusqu'à 50 personnes.

« Quant à la ligne du Louvre à Versailles, sur laquelle M. Francq me convie à me mesurer avec lui, je n'éprouverais aucune hésitation à accepter cette proposition si je disposais des capitaux nécessaires; mais comme je ne puis émettre pour cela des obligations, ainsi que l'a fait la Compagnie de Sèvres-Paris-Versailles, pour l'installation sur cette ligne de la traction mécanique, je dois attendre que les Compagnies aient ouvert les yeux sur des faits qu'une pratique de quatre années ne les empêche pas encore de méconnaître.

« Je ne suivrai pas M. Francq dans le raisonnement par lequel il croit avoir démontré qu'il n'y a pas d'inconvénient à utiliser la vapeur à une basse pression, parce que le laminage ne soustrait pas la chaleur au fluide. Je lui ferai seulement observer qu'en poussant ce raisonnement jusqu'au bout, on arrive à une impossibilité évidente, si on suppose la vapeur laminée de façon à n'avoir plus aucune pression effective. Il est bien certain que le laminage ne diminue pas et augmente même légèrement la quantité de chaleur que le fluide contient, mais il empêche d'en tirer parti mécaniquement.

« Parmi les autres erreurs matérielles qui ont échappé à M. Francq, je relèverai celle concernant le nombre d'automobiles que nous avons ici : ce nombre n'est pas de 34, comme l'avance M. Francq, mais seulement de 22, sur lesquelles nous en faisons sortir en été 18 et même 20, après trois ans et demie de service interrompu.

« La longueur de notre ligne n'est pas de 4k,700 mais de 6k,200.

« Le poids de nos automobiles, à vide, est de 6,700 kilogr.; avec 30 personnes, il atteint près de 9 tonnes, et je viens de dire que nous avons parfois 50 voyageurs.

« Le tracé de la ligne comprend de très nombreuses courbes, une dizaine d'aiguillages, 8 traversées à niveau de voies ferrées : les voitures arrêtent à chaque instant sur le parcours et à quatre stations intermédiaires. Il me semble que tout ceci ne constitue pas une exploitation plus facile que celle de Rueil-Marly, dont la voie est établie en rails Vignole, où les trains ne s'arrêtent qu'aux stations et ne se succèdent que d'heure en heure.

« Quant à la difficulté présumée que présenterait pour les locomotives à air comprimé l'exploitation d'un chemin de fer métropolitain, je me propose, quand la question sera mise sur le tapis, de fournir des explications qui rassureront pleinement M. Francq à cet égard.

« Veuillez agréer, monsieur le Président, l'assurance de mes sentiments respectueusement dévoués.

« L. Mékarski. »

Il est ensuite donné lecture de la lettre suivante de M. Francq :

« Monsieur le Président,

« Empêché de me rendre ce soir à la séance, je reconnais volontiers les erreurs qui se sont glissées dans ma communication, et que M. Regnard est venu rectifier dernièrement au nom de M. Mékarski.

« Mes notes indiquent un nombre de 24 machines au lieu de 34 que l'on a imprimé; la longueur de la ligne est de 6,100 mètres; l'itinéraire normal des trains est de 6,100 mètres, et un itinéraire d'essai de 11,100 mètres est indiqué avec une pression de zéro dans la batterie et 12 à 15 kilogr. dans la réserve à l'arrivée. Il n'est pas question des deux voitures à 50 places traînées sur ce parcours avec les remorqueurs qui sont seulement au nombre de deux.

« Pour la ligne de Montferrand à Royat, longue de 7,500 mètres, M. Mékarski a prévu dernièrement 10 remorqueurs et 2 voitures automobiles pour une somme de 178,000 francs, tandis que le matériel de compression seulement exigeait une dépense de 165,000 francs. Si je me suis trompé pour Nantes, M. Mékarski n'a pas dû faire erreur pour la ligne ci-dessus.

« Quoi qu'il en soit, je tiens à faire remarquer que les rectifications présentées dans la séance du 20 octobre laissent debout les conclusions que j'ai pu tirer.

« Je vous présente, monsieur le Président, l'assurance de mes sentiments respectueux.

« L. Francq. »

M. le Président. Messieurs, ces lettres nous apportent des idées qui s'opposent dans une question où deux lutteurs sont engagés. C'est une partie de la discussion qui se reprendra à la Société; aujourd'hui, elle n'est encore qu'amorcée.

Messieurs, il est difficile de faire, ce soir, une séance des Ingénieurs civils, car le banquet des anciens élèves de l'École centrale a lieu aujourd'hui. J'avais fait mon possible pour parer à cet inconvénient et pour avoir une matière assez large à nos occupations de ce soir.

M. Pontzen, je viens d'exprimer à votre égard les remerciements de la Société pour l'offre que vous avez faite de votre ouvrage; et j'espère que nous aurons un rapporteur qui nous donnera un peu l'examen de votre travail, à moins que vous ne vouliez en parler aujourd'hui.

M. Pontzen. Je crois que, mon travail étant déposé au siège de la Société, il vaut mieux laisser les Membres se faire à la question, et je crois que c'est plutôt à un autre qu'à moi d'en parler.

M. J. Morandière présente l'analyse d'un mémoire de M. Fousset sur l'Algérie et les chemins de fer à voie étroite.

En 1881 M. Fousset a adressé à la Société une note insérée dans le Bulletin de septembre sur le prolongement stratégique du chemin de fer d'Arzew à Saïda. Dans le courant de cette même année les nécessités de la répression rapide de l'insurrection du Sud-Oranais, ont conduit à l'exécution de l'embranchement susdit, à peu près dans la direction prévue, et dans des conditions spéciales que nous verrons plus loin. Actuellement le développement des chemins de fer en Algérie s'impose et la grande question, mise à l'ordre du jour par les deux ministères de la guerre et des travaux publics, est la suivante :

« Désormais le réseau algérien doit-il être construit à voie large ou à voie étroite? »

M. Fousset, consulté par l'autorité militaire, a fait, comme réponse, le mémoire qu'il a remis à notre Société, et dont j'ai l'honneur de vous présenter l'analyse en ce moment.

Sa conviction est que la voie étroite est suffisante et de plus nécessaire, et, pour lui, ce fait est démontré « par les immenses résultats militaires obtenus à cette heure même :

« 1° Par l'armée française, en Algérie, dans la campagne du Sud-Oranais, avec le chemin de fer à voie de 1m,10, qui s'enfonce vers Figuig, Arzew, Saïda, le Kreider et Mecheria, sur une longueur de 352 kilomètres;

« 2° Par l'armée autrichienne, en Bosnie, avec la petite voie improvisée de 0m,70, allant de Brood à Zenica et Sarajevo, sur une longueur de 270 kilomètres. »

A cet égard M. Fousset rappelle la lettre écrite dernièrement par M. Nordling à la Société des Ingénieurs civils.

La *première partie* du mémoire sur les chemins de l'Algérie traite du réseau actuel de ce pays, de celui qui est nécessaire et suffisant pour sa constitution, des projets en cours pour le développement des lignes, et de ce qui s'est fait sous ce rapport dans plusieurs pays étrangers où les chemins de fer ont été considérés comme des moyens de colonisation, et où la voie étroite a été adoptée, notamment dans l'Inde et le Brésil.

La *deuxième partie* contient l'énumération des avantages divers de la voie étroite, comme construction, comme exploitation. La puissance de concentration militaire est suffisante. Ce dernier point est appuyé par des faits spéciaux au chemin de fer d'Arzew à Mecheria, dirigé par M. Fousset. Les avantages particuliers de la voie étroite en Algérie, et la comparaison des résultats financiers à attendre, soit de la voie ordinaire, soit de la voie de $1^m,10$, font l'objet de chapitres spéciaux.

La *troisième et dernière partie* trace le programme rationnel du réseau algérien d'après lequel la grande ligne parallèle à la mer de Tunis à Oran, doit seule être achevée à la voie de $1^m,45$, tout le reste du réseau étant dorénavant fait avec la voie de $1^m,10$.

Les développements donnés dans le mémoire sur les avantages de toute sorte de la voie étroite reposent sur des arguments dont la Société a été entretenue bien souvent, aussi je retiendrai seulement, pour les exposer très sommairement, d'ailleurs, deux ordres de faits distincts, savoir :

1° Les convenances spéciales de la voie étroite en Algérie, au point de vue du trafic et du sol;

2° Les faits relatifs aux services rendus par la voie étroite, cités dans le mémoire de M. Fousset, surtout au point de vue militaire, principale objection faite à cette voie.

La convenance des chemins de fer à voie étroite pour l'Algérie vient de sa constitution même. Toutes les provinces fournissent les mêmes produits qui cherchent à gagner la mer pour être exportés. Par suite, pas de mouvement de province à province. Ainsi le chemin de fer d'Alger à Oran, à voie de $1^m,45$, avait en 1880 une recette brute kilométrique de 12,830 francs et la vitesse des trains est de 30 kilomètres à l'heure. Le trafic dominant de l'Algérie sera pendant longtemps d'une nature essentiellement agricole, et des lignes à voie de $1^m,10$ donneront amplement satisfaction. On peut même entrevoir que dans bien des cas elles devront être prolongées ou ramifiées au moyen de voies encore plus petites de $0^m,75$.

D'un autre côté le sol lui-même est formé de massifs glaiseux qu'il faut contourner le plus possible, sinon la nature torrentueuse des cours d'eau et la grande masse de pluie tombant à la fois sur certains points très variables, exposent à des coupures nombreuses qu'il est impossible de prévoir à l'avance. M. Fousset a eu des ouvrages emportés, des remblais glaiseux

effondrés ou des massifs éboulés sur la voie : ne pouvant y toucher avant que les terres ne soient séchées, il a établi des ponts légers avec des bois courants ou des estacades en traverses, ou bien il a contourné le massif de glaises en mouvement par une déviation en courbe de 80 mètres de rayon; toutes choses que lui permettent facilement son petit matériel.

L'emploi de la voie étroite est encore motivé par le manque de trafic qui oblige le Trésor à venir en aide à toutes les lignes concédées ou à concéder. Il est donc important de diminuer ces charges, ou bien de consacrer une même somme à établir le plus grand nombre de kilomètres possible.

Incidemment M. Fousset fait remarquer qu'il sera utile de donner au moins 1,000 kilomètres à un même exploitant, et cela en partant de la mer et se dirigeant vers le désert, afin : 1° d'avoir une quantité de matériel suffisante pour les besoins stratégiques, et 2° de permettre d'organiser dans le personnel un roulement tel que les agents placés sur les plateaux viennent de temps en temps se refaire dans le Tell ou dans le voisinage de la mer.

Il est également donné des raisons qui montrent que la question du transbordement aux points de jonction avec les lignes actuelles à large voie ($1^m,45$), ne doit pas entrer en ligne de compte dans le cas présent, comme d'ailleurs dans beaucoup d'autres.

Les services rendus par des chemins existants à voie étroite sont présentés sous divers aspects, suivant les chapitres où ils sont exposés.

Comme exemple de développement de la voie étroite M. Fousset donne les chiffres suivants :

1,656 kilomètres exploités en Suède et en Norwège en 1880;
647 — exploités ou en construction à la Nouvelle-Zélande;
132 — dans l'île de la Réunion;
500 — sont étudiés au Sénégal;
5,374 — exploités au Brésil en 1881.

Dans ce dernier pays 4,748 kilomètres sont à la voie de 1 mètre, qui a été définitivement adoptée comme la meilleure. Ces chemins ont des recettes kilométriques qui varient de 7,000 francs à 22,000 francs.

La puissance de transport des chemins à voie étroite est largement suffisante. Sur la ligne d'Arzew à Mecheria, les machines à marchandises remorquent les charges suivantes, à la vitesse de 15 à 20 kilomètres à l'heure :

250 tonnes brutes, sur les sections à rampes de 0 à 10 millimètres par mètre;

75 à 80 tonnes brutes sur les sections à longues rampes de 27 millimètres par mètre.

La même ligne d'Arzew à Mecheria fournit des exemples de ce que peut faire une ligne à voie de $1^{m},10$ au point de vue des transports militaires, et de ce qui a été fait pendant la campagne du Sud-Oranais.

Un train de 40 véhicules, correspondant à la charge signalée plus haut pour une machine à marchandises, peut comprendre, en dehors de 7 tonnes de bagages :

En infanterie : 1,004 hommes équipés et armés.
— 14 chevaux et mulets.

ou bien en cavalerie : 210 hommes équipés et armés.
— 231 chevaux.

ou bien en artillerie et matériel :
140 hommes.
70 chevaux.
8 chariots de batterie.
16 caissons avec munitions et accessoires,
12 voitures, forge et accessoires.

J'ai réserve pour la fin le point de la communication de M. Fousset qui m'a paru le plus saillant.

Dans notre bulletin de septembre paraissait une note de M. Fousset sur un avant-projet sommaire de prolongement stratégique du chemin de fer d'Arzew à Saïda, sur Géryville et Tyout. A ce moment, 34 kilomètres de ce chemin étaient faits jusqu'au Kreider; au milieu de décembre, la ligne traversant le chot El-Chergui s'avançait encore de 22 kilomètres; enfin, après un rude hiver, le prolongement arrivait, le 2 avril 1882 au point extrême désigné, à Mecheria, localité située à 115 kilomètres de l'origine de l'embranchement, et à 352 kilomètres du rivage.

Voici ce qui s'était passé :

A la fin de juillet 1881, les généraux Saussier et Delebecque, visitant les hauts plateaux Oranais, où l'insurrection avait fait tant de mal, décidaient la création de postes militaires dont « Mecheria, » le plus éloigné, était à 115 kilomètres de la station de Modzbah-Sfid du chemin de fer d'Arzew à Saïda. Cette distance demanda cinq journées de marche pénible au milieu du désert brûlant, à la colonne qui alla fonder le poste militaire de Mecheria.

Dans leur inspection du 22, les généraux sentirent tout le parti à tirer d'un chemin de fer de ravitaillement et de transport de troupes. L'établissement de cette ligne était voté par les Chambres le 4 août et la compagnie Franco-Algérienne, à laquelle appartient le chemin d'Arzew à Saïda, acceptait la difficile mission de faire les 34 premiers kilomètres en 100 jours, et de compléter la ligne sur 115 kilomètres dans un délai de 250 jours.

L'ordre fut donné à M. Fousset le 6 août, le lendemain 1500 ouvriers travaillaient, et les 34 premiers kilomètres, jusqu'au Kreider, étaient faits en 52 jours. Un mois après le chot était franchi et, le 13 décembre, une

gare mobile était installée au camp de Ben-Senia, à 313 kilomètres du rivage de la mer, cent-vingt-huit jours avaient suffi pour faire 76 kilomètres.

L'hiver de 1881-82 fut exceptionnellement rude en Algérie, et des inondations éprouvèrent toutes les régions. Le travail du prolongement fut interrompu pendant 70 jours, néanmoins la ligne arrivait à Mecheria le 239e jour, 2 avril 1882.

M. Fousset pense qu'il eût été impossible d'obtenir ces résultats avec le gros matériel de la voie de 1m,45. Sans être aussi affirmatif que lui, nous pouvons certainement dire que la tâche eût été bien plus rude et plus dispendieuse; en outre le service de la partie de la ligne livrée au public eût très probablement subi une grande perturbation, tandis qu'il est expliqué, que la ligne a toujours été disponible pour tous les transports; elle a présenté à cet égard une merveilleuse élasticité.

Pour terminer cette analyse que nous sommes, à notre grand regret, obligé de faire très sommaire, nous reproduisons une grande partie des conclusions de M. Fousset :

« L'étude qui précède démontre surabondamment, croyons-nous, que *la voie large n'est nullement à sa place en Algérie :* les dépenses énormes qu'elle entraîne sans nécessité, en écrasant le budget, étoufferaient infailliblement l'œuf dans son éclosion.

« *Le réseau algérien doit être établi à voie étroite :* cette solution est la seule qui puisse permettre de doter notre colonie du réseau complet absolument indispensable à sa sécurité et à son développement. C'est *la conclusion absolue* de toute l'étude qui précède.

« Nous ne voulons point être aussi absolu sur le choix de l'écartement qu'il convient d'adopter pour ces voies étroites. Nous rappellerons seulement les avantages sérieux qu'offrirait, particulièrement en Algérie, la solution suivante :

« 1° *Réseau stratégique*, à l'écartement moyen de 1m,10, le matériel de cette voie se prêtant à une admirable utilisation pour les transports de la guerre;

« 2° *Réseau complémentaire*, à l'écartement le plus réduit et très économique de 0m,75.

« La voie tout à fait économique de 0m,75, qui est considérée aujourd'hui comme étant la limite inférieure la plus convenable pour les lignes ouvertes aux services publics, est appelée, dans l'avenir, à un développement important en Algérie, pour favoriser les exploitations agricoles, minières, etc...

« Nous l'avons dit en commençant, c'est à la demande expresse de l'autorité militaire que nous avons rédigé ce mémoire. Il a été remis aux

fonctionnaires supérieurs des départements de la guerre et des travaux publics, et transmis par eux à M. le Ministre de la Guerre. Et nous pouvons ajouter que nous avons eu la satisfaction de voir ces idées chaudement appuyées par les hauts fonctionnaires algériens de ces deux départements ministériels. »

Pour tous les développements des arguments, et pour la situation actuelle des chemins de fer de l'Algérie, je ne puis que renvoyer à l'intéressant mémoire de M. Fousset, qu'il sera nécessaire de consulter avant toute discussion, et dont un exemplaire est déposé à la bibliothèque de la Société.

Les conclusions précitées montrent bien le terrain sur lequel doit porter la discussion, savoir :

1° La voie étroite est nécessaire en Algérie par suite de la nature du sol ;

2° La voie étroite suffit et suffira longtemps pour le trafic du pays ;

3° La voie étroite suffit aussi pour les transports militaires.

M. le Président. J'adresse un double remerciement à M. Fousset, et à M. Morandiere qui nous a fait très bien le résumé de son travail, éminemment intéressant ; nous ouvrirons une discussion à ce sujet.

M. Pontzen. La question de la voie étroite est une question qui passionne les esprits et sur laquelle, malheureusement, ceux qui la discutent, s'emportent facilement dans un sens ou dans l'autre.

Je crois que, d'après ce qu'a dit M. Morandiere, M. Fousset se prononce d'une manière trop absolue sur les avantages de la voie étroite en général.

Je n'oserais pas plus me dire, en principe, partisan qu'adversaire de la voie étroite, car elle peut rendre de très bons services dans certaines conditions où la voie normale ne serait pas à sa place ; tandis que, dans d'autres conditions, c'est le contraire qui peut avoir lieu. Je ne connais pas la configuration du terrain auquel s'applique le projet qui fait l'objet de la communication de M. Fousset ; je ne puis donc pas dire si le choix de la voie étroite me paraît justifié dans le cas particulier.

Il n'y a du reste rien de plus élastique que la comparaison du coût de la construction d'un chemin de fer à établir à voie étroite ou à voie normale ; on peut, avec un peu de bonne volonté, aussi bien trouver une économie de 50 pour 100, que de 5 pour 100.

Cette question de la largeur de la voie est très complexe et très intéressante, et je demanderai la parole, lors de la discussion du mémoire de M. Fousset ; mais non pas pour me prononcer sur le parti qui a été pris dans le cas particulier, mais sur la question de la voie étroite et de la voie normale en général.

M. le Président. Je vous remercie de ces considérations qui précèdent la discussion, que nous mettrons certainement à la prochaine séance.

M. Hauet. Je demande à poser une question à M. Morandiere et à présenter une observation générale.

La question est celle-ci :

D'après l'exposé de M. Morandiere, il semble résulter que M. Fousset, se basant sur le travail rapide qu'il vient d'exécuter si brillamment, appelle voie stratégique toute ligne allant de la mer vers l'intérieur; or jusqu'à ce jour, au contraire, ce qualificatif paraissait réservé à la grande ligne allant de la Tunisie à la frontière du Maroc, parallèlement au littoral et les lignes perpendiculaires au rivage avaient été baptisées d'une façon très heureuse par M. le sénateur Pomel, qui les appelait lignes de drainage. M. Fousset préconise une largeur de voie pour les lignes dites stratégiques.

Je désirerais savoir si M. Fousset donne ce nom à un chemin de fer parce qu'il peut être appelé à transporter des troupes et du matériel de guerre à un moment donné; ce vocable pourrait alors s'appliquer à peu près à toutes les lignes, et la distinction établie par les bureaux de la guerre entre les lignes de chemins de fer est peut-être un peu subtile.

M. Hauet. En ce qui touche l'observation que me suggère la communication qui vient d'être faite, je ferai remarquer que dans les régions gouvernementales, en France, on affirme que l'État possède une faculté supérieure pour la construction et l'exploitation des chemins de fer, et on n'a pas hésité à entrer, à ce sujet, dans le domaine de l'expérimentation; or, par suite de quel phénomène l'État, qui en Algérie a les coudées franches, qui n'a pas à se heurter aux intérêts de Compagnies déjà anciennes, qui a devant lui un champ d'expériences très vaste et quasi vierge, où il est absolument maître et où il ne rencontrerait d'opposition d'aucune sorte, où il pourrait établir des chemins de fer d'après un plan général raisonné, les exploiter d'après sa méthode, avoir la main sur les tarifs, créer une œuvre qui lui serait propre et une; par suite de quelle anomalie, que je ne m'explique pas, l'État ne fait-il rien par lui-même? attend-il tout de l'initiative privée, à qui il accorde des garanties d'intérêts allant jusqu'à 6 pour 100, et met-il les chambres de commerce dans l'obligation de s'élever très souvent contre les tarifs soumis à l'homologation? Il y a là, une contradiction que je ne juge pas, mais sur laquelle je serai bien aise d'avoir les lumières des partisans de la doctrine de l'État.

M. Morandiere. Il n'est pas question de ce dernier point de vue dans le mémoire de M. Fousset.

Quant aux lignes à construire, elles doivent surtout suivant lui, aller de la mer vers l'intérieur et vers les frontières. Elles sont principalement agricoles, mais doivent être faites à la voie de $1^{m},10$ pour pouvoir aussi être stratégiques : sinon il suffirait d'une largeur de $0^{m},75$.

Répondant à M. Pontzen, M. Morandiere dit que le sol est très accidenté.

M. le Président. Nous placerons la discusion de cette communication

dans la prochaine séance; elle est très bien amorcée; on voit se dessiner les camps, on voit se produire les défenseurs de la voie large et les défenseurs de la voie étroite. Et puis, on constate avec satisfaction, au milieu de tout cela, qu'il ne s'agit plus seulement de discussion, puisque, heureusement, on commence à faire des chemins de fer de pénétration en Algérie. La grande ligne, qu'on a appelée officiellement ligne stratégique, est la ligne qui relie les trois provinces. Il y a bien une raison pour qu'on établisse à voie étroite les chemins en ligne transversale. Le grand chemin de fer à voie large qui lie le Maroc à Tunis utilise de très longues vallées. Mais dans l'autre sens, les vallées disparaissent, ou se contournent en méandres abruptes. Dans ce pays bouleversé, il faut compter avec des difficultés incessantes; mais, ces considérations viendront dans la discussion, à la prochaine séance.

M. le Président. M. Brüll a l'extrême obligeance de se mettre à notre disposition pour occuper très agréablement notre temps; je suis sûr qu'il vous intéressera, et j'en suis heureux, car nous n'aurions presque rien à faire dans cette séance.

M. Brüll désire attirer un instant l'attention sur un appareil servant à contrôler la marche des locomotives. Cet appareil a été construit par notre collègue, M. Paul Garnier, et inventé par M. Pouget, inspecteur général honoraire des télégraphes.

L'objet de l'invention consiste à dresser mécaniquement la feuille de route du train.

On sait combien il est difficile de fixer bien précisément l'heure à laquelle un train arrive à une station et l'heure à laquelle il en part, l'arrêt ou le ralentissement pratiqué aux points où les signaux et les règlements défendent de dépasser certaine vitesse.

En dehors de la difficulté bien connue de faire marcher ensemble un grand nombre d'horloges, il y a encore l'intérêt opposé des différents services. Le service de la traction, représenté en marche par le mécanicien, lorsqu'il est en retard, cherche quelquefois à rejeter la faute sur les ordres qu'il a reçus du chef de station. Et, d'autre part, la partie adverse, l'exploitation, si un retard s'est produit de son fait, a une tendance naturelle à l'atténuer et à reporter en partie la faute, soit sur la négligence du mécanicien, soit sur la manœuvre des signaux ou l'état de la voie.

Toujours est-il qu'on est souvent fort embarrassé de savoir à qui incombe la responsabilité d'un retard; si un accident est survenu, les autorités du chemin de fer d'une part, les autorités du contrôle, d'autre part, ont intérêt à connaître toutes les particularités et surtout la vitesse de la locomotive. Il n'est donc pas étonnant qu'un grand nombre d'inventeurs, depuis vingt-cinq ans, aient cherché la solution de cette difficile question de dresser automatiquement une feuille de route.

Le problème est délicat. Nombre de solutions ingénieuses ont été imaginées la plupart n'ont pu être admises dans le service courant.

M. Brüll passe en revue les principaux appareils de contrôle qui ont été essayés. Ils reposent sur divers principes. Tantôt on compte, à l'aide de transmissions de mouvement appropriées, le nombre de tours de l'un des essieux de la machine, tantôt on fait appel à l'action de la force centrifuge. On s'est servi aussi de la résistance de l'air et des vibrations dues au roulement sur les rails.

On comprendra le programme que s'est posé M. Pouget par l'examen des feuilles blanches, qui montrent la façon dont le papier est livré à l'instrument et par la lecture d'une feuille tracée par l'appareil et qui représente toutes les circonstances du parcours d'un train de Paris à Mantes.

Le problème est le suivant : on veut avoir l'indication du moment où la locomotive quitte chaque station et arrive à chaque station ; on veut obtenir, dans chacune des minutes successives qui composent le temps du parcours, l'indication de la vitesse ; on veut aussi marquer, et c'est un des points où il y a eu à vaincre le plus de difficultés mécaniques, les parcours faits par la locomotive marchant tender en avant.

M. Brüll s'attache surtout à montrer le principe de la construction.

L'appareil est formé de deux parties distinctes : la première se compose d'une horloge, dont le cadran donne l'heure, et qui fait tourner l'arbre horizontal du tambour, sur lequel s'applique le papier.

Mais ce tambour reçoit, de plus, par l'effet d'une vis fixe ayant même axe que l'arbre de l'horloge, un mouvement lent de translation. Chacun des points du papier décrit ainsi une hélice.

La seconde partie de l'appareil comprend : la prise de mouvement sur la locomotive ; la transmission de ce mouvement, et un ensemble de marteaux et de styles destiné à fournir les indications qu'on demande à l'appareil.

La prise de mouvement est le point caractéristique de l'invention de M. Pouget. Il faut reconnaître combien le moyen auquel il a fait appel peut donner d'exactitude ; c'est sur l'un des bandages de la locomotive, et au milieu de la largeur de la jante, que s'appuie l'appareil. En même temps que ce bandage roule le long du rail, un galet à jante légèrement bombée, de $0^m,40$ de diamètre, est appliqué sur le dessus de ce bandage par de fortes lames de ressort. C'est là une idée excellente, car, quel que soit le faux rond ou l'usure du bandage, le chemin fait par la locomotive est exactement égal au parcours du bandage sur le rail et, par suite, à l'espace parcouru par la circonférence du galet. On est certain d'avoir ainsi le parcours réel, abstraction faite cependant du patinage ; aussi sera-t-il convenable de placer l'appareil, si c'est possible, sur une roue porteuse non susceptible de patiner. L'inventeur pense, d'ailleurs, que le patinage est, en somme, fort peu de chose, et il résulte des essais qu'il a faits sur plusieurs trains, que le nombre de kilomètres enregistré par l'appareil a toujours été exact d'une façon pratiquement satisfaisante.

Pour la transmission du mouvement, le galet porte un arbre transversal,

sur lequel est calée une petite vis sans fin, qui commande une roue dentée à axe vertical.

Sur cet axe est calée une petite roue horizontale portant un bouton de manivelle. Une bielle qui s'articule sur ce bouton fait à chaque tour osciller un long levier qui pousse et tire alternativement un cliquet.

Ce cliquet agit sur une roue à rochet de 80 dents, et lui fait faire un tour pour chaque kilomètre de parcours.

Ayant ainsi obtenu de faire tourner cette roue à rochet à raison d'un tour par kilomètre, M. Pouget se sert de ce mouvement pour obtenir deux sortes d'indications : la première est le pointage des parcours unitaires. Il a pris pour unité le chiffre de 25 mètres. La roue se trouve, pour cela, divisée en 40 parties égales, par autant de petits fuseaux verticaux, disposés en cercle et saillants sur sa face supérieure, et le passage de chacune de ces tiges indique un parcours de 25 mètres.

La seconde indication est celle des kilomètres parcourus. Ce pointage est réalisé à l'aide d'un fuseau vertical, saillant, établi sous la face inférieure de la roue à rochet.

M. Brüll explique, à l'aide de figures, au tableau, la façon dont le passage de chaque fuseau fait frapper un marteau à ressort sur la tête d'un style.

Mais l'appareil fournit encore une troisième indication : il souligne les pointages des unités de parcours, par un troisième pointage, comme on peut le reconnaître sur le diagramme, pendant tout le temps que la locomotive marche en arrière.

Pour marquer la marche en arrière, la petite roue calée sur l'arbre vertical de la roue à vis sans fin, qui fournit tous les mouvements, présente une saillie qui vient rencontrer un doigt, une fois par tour, c'est-à-dire à chaque parcours de 12^{m},50. Quand la machine marche en avant, la saillie rencontre le doigt à chaque tour, mais le marteau n'est pas actionné. Pendant la marche en arrière, au contraire, la saillie attaque le doigt dans l'autre sens et, par une ingénieuse disposition, fait frapper à chaque tour un marteau à ressort sur le style indicatif de la marche en arrière.

Il a fallu rassembler les trois styles dans un petit espace, tout en laissant leur indépendance aux mécanismes des divers marteaux, car les pointages doivent être très rapprochés.

Le papier est divisé en 15 colonnes de 20 millimètres de largeur et en bandes de 7 millimètres de hauteur. La largeur des colonnes correspond à une minute; chaque bande représente ainsi un quart d'heure.

Les bandes présentent une obliquité de 7 millimètres sur leur longueur, de sorte que lorsqu'on enroule la feuille sur le tambour en rejoignant les deux bords, on obtient une hélice continue.

Ce papier ne porte pas à l'avance l'indication des heures; car la feuille entière ne représentant qu'une durée de 5 ou 6 heures, il est plus commode,

pour mieux utiliser le papier et ne pas y laisser de parties blanches, de noter, au moment où l'on pose la feuille sur l'appareil, à quelle heure se rapportent les premières bandes.

Le chronotachymètre peut fournir encore une quatrième indication, mais elle se produit à la main et non automatiquement. On a voulu donner au chef de station la faculté de marquer, par un pointage spécial, l'instant précis où il donne le signal du départ. Ainsi, quand le chef de gare donne l'ordre du départ, il pousse un bouton, et, par là, produit un pointage. Quand le mécanicien a reçu l'ordre de partir ; s'il part, les pointages des unités de 25 mètres se produisent aussitôt; s'il n'est pas en mesure, le nombre de minutes qu'il a perdues est inscrit sur la feuille.

L'appareil Pouget est en essai sur plusieurs lignes de chemins de fer; quelques-unes en sont satisfaites et en construisent un assez grand nombre. Cet appareil est très soigneusement enveloppé dans une solide caisse de tôle pour être à l'abri de l'indiscrétion ou de la mauvaise volonté.

On pensera, peut-être, qu'il est hardi de faire voyager un appareil de précision sur une locomotive; mais M. Paul Garnier, que nous connaissons tous pour le soin qu'il apporte à ses travaux, n'a rien négligé dans la construction de l'appareil pour en assurer la solidité. Il a combiné un type spécial d'horloge pouvant résister au service des chemins de fer. L'appareil lui-même est robuste ; certaines pièces sont susceptibles d'être encore consolidées, et beaucoup espèrent que l'ingénieuse invention de M. Pouget contribuera à augmenter la sécurité sur les chemins de fer, malgré les difficultés qu'amènent forcément et l'augmentation des vitesses et le développement continu du trafic.

M. le Président remercie M. Brüll de la claire exposition qu'il vient de faire de ce mesureur de vitesse, qui paraît intéressant. La réserve de M. Brüll n'est que de la sagesse : on fait des horloges qui présentent une grande résistance.

La séance est levée à 10 heures et demie.

Séance du 17 Novembre 1882.

Présidence de M. Émile Trélat.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 3 novembre est adopté.

M. le Président fait part de la nomination de M. Armengaud aîné comme chevalier de l'Ordre de François-Joseph.

M. Armengaud nous adresse quelques exemplaires d'un des modèles d'enseignement qu'il a présentés à l'Exposition des projets et modèles d'établissements scolaires, ainsi que des exemplaires d'une notice qui devra accompagner chaque modèle ou chaque groupe de modèles.

Ces modèles ont été très remarqués par le jury de l'Exposition au point de vue de leur utilité dans les bâtiments scolaires et de la décoration des écoles.

Leur clarté et la facilité avec laquelle ils permettent de développer les explications dans l'enseignement ont motivé une récompense d'un prix de 1,000 francs, que le jury leur a décernée.

M. le Président donne communication d'une lettre de Me Rigaud, notaire, nous faisant part que M. Amable Le Roy, en mourant, a fait un legs de 5,000 francs à votre Société. Je vous propose, Messieurs, d'accepter ce legs, et de voter sur son acceptation.

Le legs est accepté à l'unanimité.

Messieurs, je crois être votre interprète en vous demandant de voter immédiatement des remerciements qui, malheureusement, ne seront pas transmis à l'auteur du legs, mais à sa famille. Ces remerciements sont votés à l'unanimité.

M. Périssé demande à présenter un ouvrage que M. Léauté envoie à la Société.

M. Léauté a étudié pour les transmissions par câbles métalliques :

L'influence de la force centrifuge qui, dans certaines circonstances, est loin d'être négligeable.

L'influence de l'allongement des câbles, par suite des variations de température et surtout par suite de l'humidité.

L'influence des allongements successifs en service.

L'influence de la variation de l'effort à vaincre.

En un mot, l'auteur a tenu compte du mouvement propre des câbles, des changements de longueur accidentels ou permanents et surtout des variations du travail résistant.

Son travail est divisé en trois parties : 1° théorie générale ; 2° conséquences pratiques ; 3° règles d'établissement des transmissions télédynamiques.

Dans le 3me chapitre sont énoncées et rappelées les règles pratiques que l'auteur résume et accompagne des conditions qui doivent être absolument observées :

1° Pour que le câble ne glisse pas sur les poulies;

2° Pour qu'il ne se rompe pas;

3° Pour éviter les efforts dangereux produits par les raccourcissements dus aux variations atmosphériques;

4° Pour que le fonctionnement ne varie pas dans des limites trop étendues par suite des allongements permanents;

5° L'auteur étudie enfin les conditions nécessaires pour que les épissures soient faciles à exécuter.

Le très remarquable ouvrage de M. Léauté mérite l'attention des membres de la Société, parce qu'il donne non seulement la théorie générale des tables télédynamiques, mais il traite aussi de son application en donnant des tableaux que bien des membres de la Société consulteront avec intérêt et avec fruit.

M. le Président. Je remercie M. Périssé de la présentation qu'il vient de nous faire. Je crois que l'ouvrage de M. Léauté est digne d'une étude approfondie, et je demanderai à M. Brüll de vouloir bien se charger de cette étude, car il est très compétent pour la faire avec grand fruit pour nous tous.

M. Brull acquiesce au désir exprimé par M. le Président.

M. le Président donne la parole à M. Fuchs, ingénieur en chef des mines, pour sa communication sur sa mission scientifique en Indo-Chine. L'importance de cette communication et le temps nécessaire à sa rédaction n'ayant pas permis de la publier dans ce compte rendu, elle sera insérée *in extenso*, avec une carte, dans le bulletin de novembre.

M. le Président. Messieurs, j'exprime, au nom de la Société, tous nos remerciements à M. Fuchs... (*Applaudissements.*)

Vos applaudissements répétés m'interrompent éloquemment. Mais après cette double salve, je vous demande un témoignage spécial... (*Bravo! bravo! Applaudissements unanimes et prolongés*),... parce que, à côté du savant, à côté du voyageur qui a rapporté de précieux souvenirs, il y a

l'artiste qui nous a charmés ce soir. La composition de cette communication est une vraie œuvre d'art qui se tient d'un bout à l'autre; elle commence modestement, s'emplit, grandit et resplendit enfin jusqu'à nous charmer tous. (*Très bien! Applaudissements.*)

Messieurs, il est un peu tard pour passer à la discussion du mémoire de M. Fousset. Messieurs les intéressés ne veulent pas même la commencer; nous allons terminer la séance.

La séance est levée à dix heures et demie.

CHRONIQUE

SOMMAIRE. — L'industrie houillère en Autriche. — La construction maritime sur la Clyde — Vitesse des trains de chemins de fer. — Travaux de dragage dans les ports de Calais, Boulogne et Dunkerque. — Amélioration des communications entre l'Angleterre et le continent. — Importation des combustibles en Grèce. — Statistique des téléphones. — Avancement des travaux au tunnel de l'Arlberg.

L'industrie houillère en Autriche. — L'exploitation des combustibles minéraux s'est beaucoup développée en Autriche depuis dix ans, surtout pour les lignites. Antérieurement à 1870, la Bohême, où se trouve la plus grande partie des gisements de lignites, était mal desservie par les chemins de fer. Cet inconvénient a, en partie, disparu aujourd'hui, la longueur des chemins de fer ayant été triplée depuis dix ans, mais le développement des mines reste encore entravé.

Toutefois les résultats ont été considérables puisque la production de la Bohême est passée de 1,300,000 tonnes en 1869 à plus de 4,000,000 de tonnes actuellement.

La production totale de lignites de l'Autriche s'est élevée en dix ans de trois à neuf millions de tonnes. Sans la crise financière de 1874-75 qui a éprouvé si durement l'industrie de ce pays, les résultats auraient été encore plus favorables.

Le commerce d'exportation de l'Autriche trouve un débouché considérable dans les provinces polonaises voisines qui appartiennent à la Russie et où le lignite est employé dans les sucreries de betteraves qui se sont considérablement multipliées depuis quelques années. Les immenses cultures de céréales du centre de l'Europe disparaissent rapidement parce que l'invasion des blés des États-Unis a conduit les fermiers à cultiver de préférence la betterave pour alimenter les sucreries dont le nombre augmente tous les jours.

Pour ce qui concerne la houille, c'est la Bohême qui tient la tête, tant pour la quantité que pour la qualité. Sa production atteint la moitié de celle de l'empire tout entier. La Silésie produit 30 pour 100 et les 40 pour 100 qui restent viennent de la Moravie, de la Galicie, de la Styrie, etc. Les exploitations houillères de la Bohême se trouvent principalement dans le voisinage de Buschatchrad, de Rakowiz et de Schlau. On espère de grands résultats des gisements de Schatzlar, dès qu'ils auront été mis en communication avec le réseau des voies ferrées. Il y a également des dépôts de houille d'excellente qualité près de Pilsen et à Miess.

En Moravie on trouve deux belles exploitations, une à Ostrau et l'autre à Rossitz, près de Brunn, où l'industrie lainière est très développée.

Il y a, en Sibérie, quinze ou seize grandes houillères qui sont considérées comme les plus importantes de l'empire d'Autriche; une partie appartient à l'archiduc Albert qui soutient énergiquement les intérêts des industries du fer et de la houille. Il est soutenu par les autres propriétaires des mines de Silésie, parmi lesquels on rencontre des noms tels que ceux du comte Larisch, du prince de Salm et des Rothschild.

Le nombre des ouvriers employés dans les exploitations de combustibles minéraux en Autriche s'est élevé, en dix ans, de 30,000 à 40,000 et, dans la même période, la production de chaque ouvrier s'est accrue de 20 pour 100. Le taux des salaires a considérablement varié; il a monté, depuis 10 ans, de 8 francs à 12 fr. 50 par tonne. Il est difficile d'apprécier les prix de revient à cause de la dépréciation du papier qui s'est si longtemps fait sentir en Autriche; mais on doit remarquer que les chiffres élevés dont il vient d'être parlé ne correspondent qu'à la période de prospérité de 1873, après laquelle ils sont rapidement retombés aux taux les plus bas.

On peut estimer à 45 pour 100 la proportion des salaires au prix de revient pour le lignite et à 55 pour la houille.

Au point de vue du commerce étranger la question peut se résumer comme suit : l'Autriche n'importe pas de lignite et n'exporte pas de houille. Les importations de cette dernière viennent des États allemands voisins et d'Angleterre, par Trieste et les autres ports sur la côte de Dalmatie; mais l'importation d'Angleterre diminue depuis quelques années.

Voici le résumé du commerce des combustibles en Autriche dans les dix dernières années divisées en deux périodes.

Années.	Production.	Importation.	Exportation.	Consommation.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
1871-1875..	51.193.700	7.994.000	8.769.900	50.417.000
1876-1880..	63.798.700	9.257.100	15.489.300	57.661.000

Un fait assez remarquable est que si la consommation a augmenté en poids dans la seconde période, elle a diminué comme valeur en argent, étant descendue de 419 millions de francs pour 1871-75 à 372 millions pour 1876-80. Cette réduction se fait surtout sentir sur les importations de combustibles étrangers dont la valeur est descendue de 11 millions de francs à 9,400,000 francs d'une période à l'autre.

La construction maritime sur la Clyde. — Les chantiers de la Clyde sont plus occupés qu'ils ne l'ont jamais été, et cette branche de

l'industrie écossaise a pris un développement extraordinaire. Pendant le mois d'octobre de cette année, il a été lancé des chantiers de la Clyde dix-sept navires dont douze steamers, trois navires à voiles, une drague et un navire de guerre; le tout représentant 27,015 tonneaux, ce qui porte le nombre et le tonnage des navires mis à l'eau depuis le commencement de l'année à 225 et 298,535 tonneaux.

Ces chiffres montrent un développement important par rapport à ceux des périodes correspondantes des années précédentes. Ainsi le tonnage lancé en octobre 1881 n'était que de 16,055 tonneaux; octobre 1879, 11,815; octobre 1878, 14,000; octobre 1877, 14,800; octobre 1876, 17,600; octobre 1875, 21,000; octobre 1874, 23,000; et octobre 1873, 20,000.

Sur les dix-sept navires dont il a été question plus haut, il y en avait quatre entre 2,000 et 3,800 tonneaux; ce dernier était le *Leander* construit pour l'Amirauté anglaise, par MM. R. Napier et fils. C'est un croiseur rapide dont il peut être intéressant de dire quelques mots. Il fait partie d'une commande de trois navires semblables et est le premier achevé. La longueur entre perpendiculaires est de $91^m,50$; la largeur, 14 mètres; le creux, $8^m,30$. Le tirant d'eau en charge est prévu à $5^m,50$ à l'avant et $6^m,25$ à l'arrière, et le déplacement correspondant à 3,800 tonneaux.

Les machines également construites par MM. Napier actionnent deux hélices; ce sont deux machines Compound horizontales à condensation par surface dont les cylindres ont $1^m,05$ et $1^m,95$ de diamètre et $1^m,22$ de course. Chacune est dans une chambre indépendante avec une cloison étanche entre les deux.

Il y a huit chaudières en acier à retour de flamme, de $4^m,11$ de diamètre et de même longueur. Ces chaudières sont dans deux compartiments à l'avant de ceux des machines également séparés par des cloisons étanches. Chaque chaudière a trois foyers; la pression atteint 6 kilogrammes.

Les chaudières sont placées transversalement vis-à-vis les unes des autres avec une allée de chauffe entre elles. Il y a deux grandes soutes transversales, l'une à l'avant des chaudières et l'autre à l'arrière des machines, et la longueur totale de l'espace occupé par ce qui compose l'appareil moteur représente à peu près la moitié de la longueur du navire, et, si on en excepte quelques passages transversaux, la hauteur totale du navire de la quille au pont supérieur est également employée sur cette longueur. Cet énorme espace s'explique par la grande puissance demandée aux machines et l'approvisionnement considérable de combustible.

L'armement se compose de dix canons de $0^m,15$ à chargement par la culasse, deux Gatling, six Nordenfelt et dix torpilles Whitehead. Quatre des premiers sont montés sur des affûts Albini portés par des plates-formes tournantes qui font saillie sur les flancs du navire à l'avant et à l'arrière. Les six autres pièces sont disposées à la manière ordinaire dans des sabords sur le pont supérieur. Les six mitrailleuses Nordenfelt sont placées dans les hunes, de manière à tirer sur des embarcations qui s'approcheraient du

navire; elles lancent des projectiles coniques de 25 millimètres de diamètre et en acier. Chaque mitrailleuse peut lancer 250 de ces projectiles par minute.

Les torpilles Whitehead sont lancées par des sabords latéraux disposés sur le pont inférieur, deux à l'avant et deux à l'arrière. Ces torpilles ont $5^m,50$ de long et $0^m,35$ de diamètre. Les têtes contiennent la matière explosive; on les conserve dans un magasin spécial, séparées du reste, qui contient les réservoirs d'air comprimé, le moteur, l'hélice, le gouvernail, etc.

Le navire, en outre du nombre ordinaire d'embarcations, portera deux bateaux-torpilles de seconde classe.

On a employé aussi peu de bois que possible pour diminuer les risques d'incendie; en fait, il n'y a guère que les ponts. Les cloisons sont en tôle ondulée.

Ces croiseurs porteront un très fort gréement qui réduira la vitesse sous vapeur par vent debout; mais il est probable qu'on le réduirait en temps de guerre pour conserver à ces navires la vitesse qu'on a voulu leur donner.

Il y a en ce moment sur les chantiers de la Clyde 140 navires dont 35 sont prêts à être mis à l'eau dans le courant de novembre; parmi ceux-ci on remarque le *Pinmore*, construit à Port-Glasgow par MM. John Reid et C°, et qui passe pour le plus grand navire à voiles qui ait jamais été fait. Il mesure $99^m,10$ de longueur totale sur 13 mètres de large et $7^m,60$ de creux. Son tonnage (vieille mesure) est de 2,800 tonneaux, son tonnage net de 2,358, et il peut porter 4,000 tonneaux en lourd. La coque est en acier, les ponts également en acier recouverts de bois. C'est le sixième navire à voiles construit sur les mêmes chantiers pour MM. John Kerr et C°, de Greenock.

Vitesse des trains de chemins de fer. — L'*Organ* a donné dans ses livraisons II et III de 1882 un travail du D[r] H. Scheffler, intitulé : *Die Fahrgeschwindigkeit und Stärke des Eisenbahnzüge*, dans lequel sont indiquées les méthodes employées sur les chemins de fer de Brunswick pour fixer la vitesse des trains de chemins de fer suivant le profil de la ligne. Il y a dans ces méthodes quelques points qui présentent de l'intérêt et nous croyons en tout cas utile d'en donner une idée, parce qu'elles présentent quelques différences avec les formes de calcul auxquelles nous sommes habitués.

La vitesse maxima d'un train de chemin de fer peut être fixée, soit par la limite de puissance de la machine (si on laisse de côté le *lancement* ou utilisation de la puissance vive acquise pour la remonte d'une rampe) ou par des conditions de sécurité.

La résistance du train en palier et alignement droit est comptée à $\frac{1}{300}$ du poids, soit $3^k,33$ par tonne, et celle de la machine avec son tender du double, soit $6^k,66$ par tonne; la résistance de l'air est comptée en plus à

raison de $0^k,9$ à $0^k,22$ par tonne de poids de machine et tender suivant la vitesse. La résistance des courbes est calculée à raison de $\frac{3}{4r}$, r étant le rayon de la courbe en kilomètres, ce qui donne les valeurs ci-après :

Rayons en mètres. . . .	1000	500	400	300	200
Résistance par tonne. .	0,75	1,50	1,90	2,5	3,75

La résistance due à la gravité est bien entendu comptée comme d'habitude. En multipliant la résistance du train ainsi calculée par la vitesse, on obtient le travail développé par le moteur, et, si la puissance maxima de celui-ci est connue, on trouve le terme inconnu qui est la vitesse maxima réalisable sur un profil donné.

On peut faire observer ici que la puissance maxima qu'une machine peut développer n'est pas une quantité qu'on peut définir d'une manière simple ; il y a d'abord la puissance pour ainsi dire statique qui dépend des cylindres et des roues, et qui doit elle-même se trouver dans des relations passablement élastiques avec la pression que l'ensemble des roues motrices (c'est-à-dire reliées avec le moteur par des organes d'accouplement) exerce sur les rails ; il y a ensuite la puissance de vaporisation de la chaudière, laquelle dépend de circonstances diverses au premier rang desquelles figurent les proportions de cette chaudière, rapports de la surface de chauffe à la surface de grille, de la surface totale à la surface directe, etc., et l'énergie du tirage laquelle est elle-même soumise à des influences de plusieurs natures dont la plus importante est peut-être le plus ou moins nombre grand de tours de roues par unité de temps.

Quoi qu'il en soit, si on désigne l'inclinaison du profil par $\frac{1}{n}$, par x le nombre d'essieux (supposés pesant 5,000 kilogrammes), et par r le rayon des courbes, on a pour la résistance à la vitesse ordinaire :

$$(1 + 0{,}1\, v + 1000\left(\frac{1}{n} + \frac{3}{4n}\right) x.$$

La résistance du moteur transformé en b essieux pesant 5 tonnes, sera :

$$d + (1 + 0{,}1\, v + 1000\left(\frac{1}{n} + \frac{3}{4r}\right) b,$$

expression dans laquelle d est une quantité représentant l'excédent de la résistance d'une machine et de son tender sur les véhicules ordinaires, laquelle quantité est fournie par l'expérience.

Si on ajoute les deux nombres ainsi obtenus, on trouve la résistance totale, et, connaissant la puissance maxima, on trouve la vitesse réalisable ; si, au contraire, on connaît la puissance et la vitesse limite, on peut déduire le nombre d'essieux que la machine peut remorquer.

On peut remarquer que si on prend la vitesse v_1 sur palier et alignement

droit, on arrive à $v = v_1 - 10.000 \left(\frac{1}{n} - \frac{3}{4r}\right)$ qui permet de proportionner la vitesse d'après le profil de la ligne.

La vitesse des trains est le plus souvent limitée par les questions de sécurité.

En Allemagne, sur les pentes de 5 millièmes et les courbes supérieures à 1,000 mètres de rayon, on ne dépasse pas 90 kilomètres à l'heure pour les trains express, 75 pour les trains ordinaires et 45 pour les trains de marchandises; ces vitesses sont naturellement réduites avec l'augmentation des inclinaisons et la diminution du rayon des courbes.

La distance x à laquelle l'action des freins peut arrêter un train est donnée par l'expression :

$$\frac{v^2}{2g\left(\frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)},$$

dans laquelle v représente la vitesse, $\frac{1}{n}$ l'inclinaison, $\frac{1}{m}$ l'action retardatrice exprimée en fonction du poids du train et g l'intensité de la pesanteur.

Si v est la vitesse maxima, on peut en déduire la valeur correspondante de l'inclinaison $\frac{1}{n}$ à laquelle on devra admettre cette vitesse en prenant, pour les distances dans lesquelles l'arrêt doit se produire, les valeurs ci-après :

Trains express.	600 à 700 mètres.
Trains ordinaires.	700 à 800 —
Trains de marchandises.	300 à 400 —

Pour la réduction de vitesse dans les courbes, on ne tient pas compte du surhaussement du rail extérieur; cette réduction s'opère comme ci-après :

Rayons.	800 à 1000^m	700 à 800	400 à 700	250 à 400,
Réduction.	1/8	1/4	3/8	1/2.

Le point le plus délicat est la vitesse maxima que peut supporter une machine à raison de sa disposition propre, c'est-à-dire de son degré de stabilité. Les éléments qui entrent en considération sont : (*a*), le nombre d'essieux accouplés avec l'essieu moteur; (*b*), le porte à faux en avant du premier essieu qui varie entre 1^m,40 et 2^m,16; (*c*), le porte à faux par rapport à l'essieu d'arrière qui va jusqu'à 2^m,46; (*d*), la course des pistons comprise généralement entre 0^m,53 et 0^m,66; (*e*), la hauteur de l'axe de la chaudière au-dessus du rail variant entre 1^m,60 et 1^m,90 (il s'agit ici des machines du Brunswick); (*f*), la distance entre les axes des cylindres et

celui de la machine, qui est comprise entre $0^m,37$ et $1^m,01$; (*g*), la distance du milieu du cylindre au centre de gravité de la machine.

Ces éléments ont une influence directe sur les perturbations qui croissent en même temps qu'eux. Les suivants ont une influence inverse. Ce sont : (*h*), le diamètre des roues motrices compris entre $1^m,10$ et $1^m,83$ (même observation que plus haut); (*i*), la distance du milieu des boîtes à graisse à l'axe de la machine, allant de $0^m,57$ à $0^m,96$; (*k*), l'écartement des essieux extrêmes compris entre 2 mètres et $4^m,57$. Toutefois, ce dernier élément n'agit d'une manière avantageuse qu'en alignement droit et dans les courbes d'assez grand rayon et il passe dans la première catégorie, c'est-à-dire devient désavantageux, dans les courbes de faible rayon.

La discussion de ces divers éléments conduit à négliger en pratique l'influence de quelques-uns, tels que *b*, *d*, *e*, *g*, *i* et *h*, et la formule simplifiée donnée par l'auteur se réduit à :

$$v = h\,(63 - 2.5\,a - 2.2\,c - 16.8\,f).$$

Cette formule permet de calculer la vitesse maxima que peuvent prendre avec sécurité des machines d'un type donné. L'auteur a dressé un tableau de ces vitesses pour les machines qu'il a plus particulièrement en vue et pour quelques machines anglaises introduites à titre de comparaison. Nous reproduisons ce tableau ci-après.

NUMÉROS.	MACHINES.	DIAMÈTRE des roues motrices.	NOMBRE d'essieux accouplés avec l'essieu moteur.	PORTE A FAUX sur l'essieu d'arrière.	DISTANCE DE L'AXE de chaque cylindre à l'axe de la machine.	VITESSE calculée.	VITESSE maxima autorisée.
1	Machine à voyageurs à roues libres.	1m829	0	0m660	0m374 intérieurs.	1k011	90 kil.
2	Machine à voyageurs à 4 roues couplées.	1.829	1	1.308	0.387 intérieurs.	93.5	90
3	Machine pour trains lourds, 4 roues couplées, système Behne-Kool.	1.448	1	0.090	1.013 extérieurs.	62.7	60
4	Même système, à 6 roues couplées.	1.371	2	0.090	1.013 extérieurs.	55.9	50
5	Machine à voyageurs, 4 roues couplées.	1.676	1	2.050	0.945 extérieurs.	67.2	60
6	Machine à marchandises, 6 roues couplées.	1.448	2	2.100	0.374 intérieurs.	68.2	56
7	Machine à marchandises, 4 roues couplées.	1.448	1	2.100	0.945 extérieurs.	57.9	50
8	Machine-tender, 6 roues couplées.	1.448	2	1.955	0.978 extérieurs.	42.6	37k5
9	Machine tender, 4 roues couplées.	1.100	1	2.460	0.955 extérieurs.	42.9	37k5
10	Machine à voyageurs, type des chemins de fer prussiens.	1.730	1	1.585	0.940 extérieurs.	71.3	inconnue.
11	Machine à marchandises, type des chemins de fer prussiens.	1.330	2	2.645	1.015 extérieurs.	46.7	inconnue.
12	Machine express anglaise, type de Lilleshal.	2.134	0	0.700	0.38 intérieurs.	117.5	inconnue.
13	Machine express du Great-Northern.	2.465	0	0.500	1.00 extérieurs.	111.2	inconnue.
14	Machine express du London-Chatham-Dover.	1.980	1	1.219	0.356 intérieurs.	102.6	97k5

Les conclusions de l'auteur sont que la vitesse maxima des trains ne peut pas être réglée par une formule unique, mais qu'on doit tenir compte des diverses considérations basées sur la puissance des machines, leur système de construction et le profil de la ligne et adopter la valeur minima qui en résulte. On peut également faire intervenir, si on le juge convenable et si cette considération n'est pas primée par d'autres, la dépense de combustible et régler la limite de vitesse d'après cet ordre d'idées. Le mémoire de M. Scheffler est très considérable et nous n'avons pu que donner une idée des questions qui y sont traitées.

Travaux de dragage dans les ports de Calais, Boulogne et Dunkerque. Nous avons donné dans les comptes rendus de juin 1882, page 736 un résumé d'un mémoire lu à l'*Institution of Civil Engineers*, par M. L. F. Vernon-Harcourt sur les ports et embouchures de rivières sur les côtes de sable. Ce travail a été l'objet d'une importante discussion soit de vive voix, soit par correspondance, selon l'usage de l'Institution, et nous trouvons dans cette correspondance d'intéressants détails sur les travaux de dragage des ports de Calais, Boulogne et Dunkerque, envoyés par MM. Plocq et Guillain, ingénieurs en chef de ces ports.

A Boulogne, on a commencé, en octobre 1881, à draguer le sable en dehors des jetées pour maintenir une profondeur de $1^m,50$ au-dessous des basses mers afin que les bateaux de Folkestone, qui calent $2^m,60$, puissent arriver et partir à heures fixes. Ces dragages ont été opérés avec des pompes à sable, comme à Calais et à Dunkerque, système qui permet de travailler même avec des vagues de $0^m,60$ à $0^m,90$.

Du 15 octobre 1881 à la fin de mai 1882, soit 227 jours, on a pu travailler au dehors des jetées pendant 681 heures reparties sur 92 jours; le mauvais temps et les réparations ont donc obligé à suspendre le travail pendant les trois cinquièmes du temps.

A Calais, où la mer est moins dure, le coefficient d'interruption a été de 1/2 et à Dunkerque de 1/2.25. Les dragages de Boulogne étaient faits par un entrepreneur qui se servait d'un matériel lui appartenant, à raison de 1 fr. 50 par mètre cube dragué et porté à 1,500 mètres en mer. L'expérience des sept premiers mois a donné un prix de revient de 1 fr. 24 pour la main-d'œuvre, le combustible, l'entretien et les réparations. Le prix diminuera, comme on l'a éprouvé à Dunkerque, à mesure qu'on draguera plus bas, parce qu'alors on peut travailler pendant les basses mers. On avait enlevé, à la fin de mai de cette année, 62,000 mètres cubes et l'amélioration était déjà très sensible.

A Calais on a également employé le dragage pour obtenir une profondeur d'eau suffisante pour permettre aux bateaux porteurs de la malle qui ont jusqu'à $4^m,50$ de tirant d'eau d'entrer à toute heure. On s'est servi de pompes à sable avec tubes flexibles montées sur des bateaux porteurs à hélice qui, après s'être chargés des produits du dragage, vont se vider en pleine mer. Ces bateaux peuvent travailler avec une houle modérée, ils se

tiennent sur une seule ancre et n'encombrent pas les passes comme les dragues ordinaires avec leurs amarrages compliqués et leurs bateaux à déblais indépendants; la manœuvre est, en outre, beaucoup plus commode.

Entre février 1876 et le 1er mai 1882, on a extrait 716,000 mètres cubes de sable au bout des jetées de Dunkerque, quantité sur laquelle 365,000, soit la moitié, ont été enlevés de mai 1881 à mai 1882. Ces travaux ont amené un approfondissement de 1 mètre environ au delà de celui que donnaient les chasses et ont considérablement élargi la passe; ils ont été commencés avec une seule drague, mais il y en a actuellement quatre représentant ensemble une puissance de 560 chevaux indiqués et une capacité de 800 mètres cubes environ.

Ces appareils peuvent extraire en moyenne par mois 40,000 mètres cubes de matières mesurées dans les bateaux et les transporter à quatre kilomètres en mer. Le travail est fait par un entrepreneur auquel le matériel appartient. Le prix de contrat était, en 1875, de 2 fr. 90 par mètre cube, transport compris, mais ce prix a été réduit en 1880 à 1 fr. 55, en 1881 à 1 fr. 35 et en 1882 à 1 fr. 15. Le prix de revient s'est successivement abaissé à la suite des perfectionnements introduits dans la construction des dragues et de leur meilleure utilisation, et également par suite de l'approfondissement qui permet actuellement de travailler presque sans interruption tandis qu'à l'origine on ne pouvait le faire que pendant la haute mer. Ce prix de revient qui, en 1880, dépassait 1 franc le mètre cube est actuellement descendu à 0 fr. 40.

On a commencé à draguer à Calais en juin 1881. En moins d'un an on a réalisé les mêmes améliorations qu'à Dunkerque avec moins de dépenses et avec un matériel moins considérable; on a profité de l'expérience acquise dans l'autre port. On a commencé le travail avec trois dragues à pompe dont une porteuse et les deux autres à porteurs indépendants, mais on n'emploie plus actuellement qu'une drague porteuse. Les trois dragues ont, dans les cinq mois qui se sont terminés fin novembre 1881, enlevé 135,000 mètres cubes de sable, et la drague porteuse qui travaille seule depuis le mois de décembre 1881, et qui est un bateau à hélice de 120 chevaux pouvant porter 165 mètres cubes et muni d'une pompe rotative débitant 1,000 mètres cubes à l'heure, a extrait 80,000 mètres cubes dans les six mois qui ont pris fin avec mai 1882; le total dragué a donc, en 11 mois, atteint le chiffre de 215,000 mètres cubes.

La passe avait ainsi obtenu, à la fin de mai 1882, une profondeur supérieure de 0m,60 au moins à la plus grande qu'on ait jamais pu réaliser momentanément au moyen des chasses. Ces travaux ont aussi abaissé de 1m,50 le plateau qui s'étend entre la passe et la rade.

Au mois de février 1882 l'administration a traité avec l'entrepreneur au prix de 0 fr. 90 par mètre cube dragué et transporté à 1,500 mètres en mer, le mesurage se faisant dans le bateau.

Les dépenses pour main-d'œuvre, combustible, entretien et réparations pour l'extraction de 50,000 mètres cubes dans les quatre premiers mois de

1882 se sont élevées à 21,100 francs, ce qui fait 0 fr. 42 par mètre cube; il reste donc sur le prix d'entreprise de 0 fr. 90 un chiffre de 0 fr. 48 pour l'assurance, l'intérêt, l'amortissement du matériel et le bénéfice. Si on compte pour ce dernier 10 pour 100, soit 9 centimes, il reste pour l'intérêt et l'amortissement 39 centimes ce qui, en supposant un cube de 150,000 mètres cubes par an, représente presque 30 pour 100 de la valeur du matériel estimée à 200,000 francs.

MM. Plocq et Guillain font observer que les effets des dragages se sont fait sentir plus rapidement à Calais qu'à Dunkerque, pour diverses raisons; 1° parce que le sable étant plus pur est entraîné plus facilement avec l'eau par les pompes; 2° parce qu'on a fait les tranchées à la drague plus près de l'extrémité des jetées et 3° enfin parce qu'on a profité de l'expérience acquise à Dunkerque. Il est juste d'ajouter que ces avantages ont été compensés par l'inconvénient d'avoir la mer beaucoup plus forte à Calais qu'à Dunkerque.

Ces messieurs ont donné les chiffres comparatifs ci-dessous pour les travaux effectués dans les deux ports pendant une période de neuf mois, se terminant au 31 mars 1882.

Cette comparaison a d'autant plus d'intérêt que les dragues à pompe de Calais et de Dunkerque étaient du même modèle, appartenaient au même entrepreneur et étaient conduites par un personnel également habitué à leur manœuvre.

DÉSIGNATION.		PORTS	
		DUNKERQUE.	CALAIS.
Cube total dragué et transporté en neuf mois, soit 274 jours, par une drague de 120 chevaux		59.700 m.c.	115.900 m.c.
Jours de travail régulier		151 j	135 j
Nombre d'heures de	dragage	1410 h	919 h
	transport, de chargement manœuvres, arrêts, etc.	498	458
	Total	1908	1377
Produit moyen par heure de dragage		42 m.c.	126 m.c.
Nombre de jours d'arrêt.	pour mauvais temps	80 j	85 j
	pour réparations	6	19
Nombre de jours où la houle avait une hauteur de	0 à 0m,30	116	92
	0m,30 à 0m,60	119	89
	plus de 0m,60	49	93

On voit que la nature plus favorable du terrain a permis de draguer à Calais trois fois plus par heure de travail qu'à Dunkerque, avec les mêmes appareils; mais la plus grande force de la mer a réduit l'avantage final, de telle sorte que le rapport du travail effectué n'est plus que le double. Seulement, comme on n'avait à Calais à draguer au delà des jetées que la moitié de la longueur qu'on avait à faire à Dunkerque, on aurait obtenu dans le premier port le même résultat que dans le second avec un matériel

correspondant au quart, si la plus grande mobilité des sables n'avait obligé à creuser les passes extérieures aux jetées plus profondément qu'à Dunkerque, de manière à ménager de chaque côté du chenal proprement dit des espèces de fosses destinées à recevoir les dépôts amenés d'un côté ou de l'autre par les gros temps.

Nous nous bornerons à indiquer ce qui se rapporte à la question des dragages, renvoyant aux *Minutes of Proceedings de l'Institution*, volume LXX, pour l'ensemble de la discussion qui est très intéressante et ne comporte pas moins de 70 pages.

Amélioration des communications entre l'Angleterre et le Continent. — L'objet traité dans la note précédente nous conduit tout naturellement à donner ici un résumé d'une communication faite, sous le titre ci-dessus, par M. James Abernethy, ancien président de l'*Institution of Civil Engineers* et membre de notre Société, à la réunion récente de l'Association britannique, à Southampton.

L'auteur débute par rappeler qu'alors que, depuis plus de vingt ans, le service de la malle d'Irlande, entre Holyhead et Dublin, se fait par des navires de 1,400 tonneaux et 750 chevaux de puissance nominale, réalisant une vitesse de 18 nœuds, le service plus important de la traversée du détroit entre Douvres, Folkestone et le Continent, s'est fait avec de petits bateaux jusqu'à l'époque récente où on en a introduit de plus grands animés d'une plus grande vitesse, mais qui sont cependant, comme dimensions, encore bien loin de ceux qu'emploie la malle d'Irlande.

Le gouvernement français fait en ce moment des travaux très importants à Calais et à Boulogne, et il n'est pas douteux que ces améliorations combinées avec le dragage des passes d'entrées ne permettent d'obtenir assez de profondeur pour recevoir de plus grands navires à toutes les phases de la marée.

A Douvres on a déjà assez d'eau, mais la jetée actuelle de l'Amirauté présente un abri très insuffisant même par des vents du large assez modérés; ce qui rend peu agréable l'embarquement et le débarquement des passagers auxquels la petitesse et l'encombrement des bateaux font, en outre, subir ce qu'on a si bien appelé « les horreurs du passage du détroit. »

Il y a dix-sept ans, M. John Fowler étudia un projet pour mettre les ports de Calais et de Douvres à même de recevoir de grands steamers pouvant porter un train complet à travers la Manche; l'auteur ainsi que M. William Wilson prirent une part active à cette étude.

Après un examen approfondi de la côte de France entre Calais et Boulogne, on trouva l'endroit le plus convenable à Audresselles, petit village au sud du cap Gris-Nez; la côte ne présente pas, à ce point, de dépôts de sable et on a l'eau profonde à peu de distance de la laisse de haute mer. En outre, on trouve sur la côte de grandes masses de calcaire pour les travaux; on devait relier ce point avec le chemin de fer de Boulogne à

Calais, de manière à le mettre en communication directe avec Paris, la Belgique, la Hollande et l'Allemagne; mais les autorités de Boulogne et de Calais prirent ombrage de l'idée de la création d'un port intermédiaire, et ce projet eut pour effet immédiat de faire accélérer les travaux de ces deux ports; il est certain qu'ils pourront recevoir des navires de 3m,60 à 4m,50 de tirant d'eau même aux basses mers de vive eau.

Ces travaux étant actuellement menés avec beaucoup d'activité, on propose, comme dans le projet primitif de M. Fowler, d'y établir des gares maritimes dans lesquelles les navires porte-trains pourraient être amarrés dans un bassin couvert analogue à une gare de chemin de fer et, pour suivre les oscillations du niveau de l'eau selon les phases de la marée, les trains arriveraient sur des plates-formes soulevées par des appareils hydrauliques de manière à pouvoir passer sans difficulté sur le pont du navire où des voies les recevraient; le navire porterait des aménagements pour les passagers qui, en descendant des voitures, trouveraient les mêmes commodités que dans les gares de chemins de fer les mieux installées. La visite de la douane se ferait pendant le passage et on gagnerait par conséquent tout le temps actuellement consacré à cette opération. En fait, le passage du détroit équivaudrait à une heure d'arrêt dans une gare.

Les bateaux auraient 143 mètres de longueur, 18 mètres de largeur de coque et 26 mètres hors tambours, avec un tonnage de 6,000 tonneaux correspondant à un tirant d'eau en charge de 3m,66. Les machines indépendantes développeraient 12,000 chevaux indiqués et pourraient mouvoir le bateau dans les deux sens, les extrémités étant semblables. La vitesse serait de 20 nœuds, ce qui permettrait d'effectuer le passage en une heure entre Calais et Douvres. La nuit les bateaux seraient éclairés à la lumière électrique, tant au point de vue de la sécurité qu'à celui de la commodité des passagers.

Dans les enquêtes parlementaires faites en 1870 et 1872, devant des Comités des Chambres des lords et des communes, et particulièrement pendant la seconde de ces deux années, des constructeurs de navires et des officiers de marine distingués ont déclaré qu'on pouvait faire des navires de ces dimensions et les arrimer de telle sorte que les mers les plus fortes du détroit les affecteraient d'une manière très peu sensible. C'est ce qui s'est produit du reste avec le steamer télégraphique, le *Faraday*, de 108 mètres sur 15m,60, qui est muni de quilles latérales. Avec les plus gros temps de la Manche, ce navire a un mouvement à peine sensible et il en serait, à plus forte raison, de même pour des navires de beaucoup plus grandes dimensions.

Les personnes les plus compétentes admettent qu'avec ces améliorations le trajet entre Londres et Paris peut être réduit à une durée de huit heures; quant aux marchandises, la possibilité de les transporter sans rupture de charge, d'un point quelconque de la Grande-Bretagne à un point quelconque du Continent, présente un avantage qui, joint à la facilité du

transport des voyageurs, doit assurer à l'entreprise un grand succès financier.

On avait fait, en 1872, des devis très complets des travaux à Douvres et dans les ports français; mais ces devis ont dû être modifiés à la suite des changements qui se sont produits et les nouvelles méthodes de constructions de quais et de jetées, employées notamment sur la côte orientale de l'Écosse, ont apporté une réduction importante dans le coût des travaux et la durée de leur exécution.

On doit donc considérer les estimations de 1872 comme des maximum. Ces estimations étaient les suivantes :

Quais et gare à Douvres.	22,000,000 fr.
— — à Calais.	2,500,000
Trois navires à vapeur.	12,500,000
Total.	37,000,000 fr.

Quant au produit, on avait estimé, en 1872, que les grands steamers pourraient faire deux voyages par jour dans chaque sens avec 1,000 passagers et 100 tonnes de marchandises, soit 4,000 voyageurs et 400 tonnes par jour. Les dépenses devaient être de 2,500,000 francs par an et les recettes, d'après les prévisions faites par des personnes compétentes appartenant aux chemins de fer et autres, pouvaient aller à 5 millions de francs; ce qui laisserait pour bénéfice la moitié, permettant de donner un revenu de 7 pour 100. Mais depuis l'époque où ces calculs avaient été faits, le trafic s'est considérablement développé, et il y a toute raison de supposer que les résultats financiers seraient aujourd'hui encore plus favorables.

M. Abernethy est fermement convaincu que ce système est la seule solution pratique du problème de l'amélioration du passage du détroit, parce qu'il ne présente pour son exécution aucune difficulté réelle et n'exige que la mise en œuvre des moyens les plus connus sur une échelle qui n'a rien d'extraordinaire.

Importation des combustibles en Grèce. — Les rapports officiels indiquent qu'en 1881 il est entré dans le port d'Ergasteria 14 vapeurs et 3 navires à voiles anglais chargés de coke et de houille et venant des ports d'Angleterre. L'ensemble de ces chargements donne 18,024 tonnes de coke et 5,092 de houille. Il est venu également 3 navires français avec des combustibles venant de Newcastle et de Swansea, ce qui porte le total de la houille et du coke importés d'Angleterre à 26,426 tonnes.

Il y a à Ergasteria deux ateliers de mécanique appartenant, l'un à MM. Basiliades et Cie, l'autre de MM. Mc Dowall et Barbour, ces ateliers comprennent des fonderies de fer et de cuivre et présentent des ressources mécaniques importantes; ils font venir de grosses pièces de forge d'Angleterre et en font l'ajustage. Il y a encore quelques établissements qui, en

dehors de ceux-ci, des usines à gaz et des ateliers du chemin de fer, contribuent à la consommation de charbon anglais.

(*Colliery Guardian.*)

Statistique des téléphones. — La Compagnie internationale des téléphones vient de publier sous le titre de *Situation des réseaux téléphoniques* des statistiques très intéressantes sur l'état actuel des communications téléphoniques dans les divers pays.

C'est aux États-Unis que le téléphone est le plus employé; il n'y a aucune redevance à payer ni aux villes ni à l'État. Il y a des localités dont la population est inférieure à 1,000 habitants qui ont des réseaux téléphoniques; on peut estimer à 100,000 le nombre des abonnés des diverses compagnies américaines; celles de New-York en comptent 4,060, et celles de Chicago 2,726.

Après les États-Unis vient la Grande-Bretagne qui possède des réseaux téléphoniques dans 47 villes comptant 4,946 abonnés dont 1,561 à Londres, 692 à Manchester, 681 à Liverpool, 600 à Glascow, 201 à Édimbourg, 180 à Belfast et 101 à Birmingham.

Il n'y a que 8 villes en France qui possèdent le téléphone et le nombre des abonnés est de 3,640 dont 2422 à Paris, ce qui indique, par rapport à Londres et eu égard à la population, un usage beaucoup plus considérable du téléphone, 215 à Bordeaux, 163 au Havre, 114 à Lille, 346 à Lyon, 233 à Marseille, 99 à Nantes et 48 à Rouen. Tous ces réseaux appartiennent à la Société générale des téléphones.

En Allemagne il y a 10 villes comptant ensemble 2322 abonnés dont 953 à Berlin, 606 à Hambourg, 100 à Mulhouse et 11 seulement à Elberfeld.

La Belgique a 6 villes et 2,156 abonnés dont 686 à Anvers, 450 à Bruxelles, 350 à Liège, 230 à Verviers, 230 à Charleroi et 210 à Gand. Ces chiffres relativement élevés s'expliquent par le bas prix de l'abonnement qui varie, suivant les villes, de 200 à 300 francs.

Il n'y a actuellement en Autriche-Hongrie que Vienne, Pesth et Trieste qui aient des téléphones; les abonnés sont au nombre de 600, 320 et 50, soit en tout 970.

L'Italie est beaucoup mieux partagée; 12 villes ont des réseaux téléphoniques; Rome vient en tête avec 475 abonnés, puis Turin avec 410 et Milan avec 388. Le total est de 2,902. L'abonnement est très bon marché, de 120 à 190 francs.

En Russie il y a des téléphones à Saint-Pétersbourg, 145 abonnés, Moscou 66 et Odessa 27, total 238.

En Suisse, Bâle, Berne et Zurich ont des téléphones et le nombre des abonnés est respectivement de 181, 144 et 296, total 621; le prix d'abonnement est de 120 francs.

En dehors de l'Europe et des États-Unis d'Amérique, la publication dont nous parlons indique l'existence de réseaux téléphoniques, dans les Indes

Anglaises, à Calcutta, Bombay et Madras; au Mexique, à Mexico et, en Égypte, à Alexandrie 118 abonnés et au Caire 65.

La Compagnie internationale des téléphones a soin, du reste, d'indiquer que cette statistique, très difficile à établir, est naturellement assez incomplète, surtout pour les contrées éloignées; ainsi elle donne la liste de 89 villes possédant le téléphone aux États-Unis et ajoute que ce chiffre ne représente probablement que le tiers de l'exploitation du téléphone dans cette contrée.

Avancement des travaux au tunnel de l'Arlberg. — Notre collègue, M. J. Meyer, ingénieur en chef de la construction des chemins de fer de la Suisse occidentale et du Simplon, veut bien nous communiquer la note et le tableau suivants relatifs à l'avancement des travaux du tunnel de l'Arlberg jusqu'à la fin de septembre.

Au 30 septembre le cube total excavé était de 337,295 m^3.

Au 30 septembre le total des maçonneries exécutées était de 86,109 m^3.

L'avancement	de la galerie de base de	58	pour 100 du total.
—	— calotte	54	—
—	de l'excavation totale	44,2	—
—	des revêtements	42,7	—

L'entreprise était en avance pour la galerie de base de 275,8 jours à l'est et de 102 jours à l'ouest. Pour l'achèvement complet du tunnel elle était en retard de 54 jours à l'ouest; mais ce retard va de mois en mois en diminuant.

L'avancement moyen journalier de la galerie de base, et depuis l'origine de la perforation mécanique, était de $3^m,89$ à l'ouest et de $4^m,94$ à l'est, ou pour les attaques, en moyenne, $4^m,415$.

On rappelle que les contrats prescrivent $3^m,30$. Ces conditions ont été toujours en s'améliorant et la moyenne des six derniers mois a été de $5^m,385$ par jour.

Objet.	Côté Est (Saint-Antoine).								Côté Ouest (Langen).							
	Avancement total au				Avancement pendant les mois				Avancement total au				Avancement pendant les mois			
	30 juin	31 juillet	31 août	30 sept.	de juin	de juillet	d'août	de sept.	30 juin	31 juillet	31 août	30 sept.	de juin	de juillet	d'août	de sept.
	mètres	mètres	mètres	mètres	mètres	mètres	mètres	mètres	mètres	mètres	mètres	mètres	mètres	mètres	mètres	mètres
Galerie d'avancement ou de base...........	2839.6	3005.9	3152.4	3306.3	193.1	166.3	146.5	153.9	2203.9	2353.1	2513	2643.6	155.8	149.2	159.9	130.60
Galerie de faîte ou de calotte...........	2632.6	2847.2	2983.1	3118.8	—	—	—	—	1926.8	2107.3	2301.6	2415.5	123.1	—	—	—
Excavation complète :																
a) commencée......	141.3	121.8	136.9	82.9	—	—	—	—	173.6	141.5	127.9	113.5	—	—	—	—
b) terminée.	2232.8	2416.5	2597.8	2760.9	212.9	173.7	181.3	163.1	1370.8	1507.4	1623.9	1713.4	294.4	136.6	116.5	89.5
Maçonneries :																
a) commencées.....	104.5	85.0	65.4	72.8	—	—	—	—	152.4	112.6	106.1	79.2	—	—	—	—
b) terminées.......	2086.6	2325.0	2508.5	2672.9	174.3	238.4	183.5	164.4	1206.3	1358.8	1479	1604.2	129.9	152.5	121	125.2
Avancement journalier de la galerie de base :																
a) par jour de travail.	6.44	5.53	4.55	5.16	—	—	—	—	5.16	4.78	5.16	4.84	—	—	—	—
b) moyenne du mois.	6.44	5.36	4.73	5.35	—	—	—	—	—	4.81	5.16	4.36	—	—	—	—
Nombre moyen d'ouvriers occupés......	—	—	—	—	—	—	1700	1761	—	—	—	—	—	—	1770	1938

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Septembre 1882.

Rapport de M. Ad. Dailly sur une **Ferrure à glace des chevaux,** de M. Delperier.

La ferrure n'était pas connue des anciens, son usage ne paraît pas remonter plus haut que le neuvième siècle.

On peut estimer à trois millions le nombre des chevaux et mulets qui existent en France. La ferrure de ces animaux est une question importante.

Pour en donner une idée, il suffit d'indiquer que la Compagnie générale des Omnibus possédant, au 1er janvier 1882, 13,292 chevaux, 1 centime économisé par jour sur la ferrure de chaque cheval, fait 132 fr. 92 par jour ou 48,880 francs par an.

Les statistiques de la Compagnie indiquent que chaque cheval reçoit en moyenne 3.24 fers par mois ou 46.05 par an et qu'un fer perd par l'usure $0^{k},485$.

Chaque fer posé revient à 1 franc en nombre rond. Lorsque le sol est rendu glissant par la gelée, la Compagnie avait autrefois recours à la ferrure à glace ordinaire qui consiste à retirer du fer un certain nombre des clous qui servent à le fixer et à les remplacer par des clous à glace. C'est difficile et long; il faut au moins une heure pour clouter huit chevaux, et avec des gelées brusques, comme il arrive souvent, il est impossibla de pouvoir mettre les chevaux en état de partir tous ensemble, comme le demande le service.

M. Delperier se sert de fers ordinaires dans lesquels sont pratiquées quatre étampures supplémentaires dont deux au talon; ces étampures sont obliques et servent à recevoir des clous à glace dont la pointe, sortant sur le bord extérieur du fer, est rivée sur le fer lui-même. Le clou fait une saillie de 8 millimètres. Ces clous sont posés très rapidement et ont donné de très bons résultats à la Compagnie des Omnibus qui l'a adopté.

Rapport de M. Ad. Dailly sur deux brochures relatives à la **Ferrure à glace des chevaux,** par M. Decroix.

Dans ces brochures publiées en 1879 et 1880, l'auteur décrit les divers systèmes de ferrures à glace qu'il divise en systèmes fixes et systèmes mobiles; dans les premiers figurent les fers à crampons fixes, en éponge et en pince, et le fer *Peschel*, dont la face inférieure porte des arêtes longitudinales séparées par une gouttière profonde dans laquelle les clous sont implantés et qui retient la terre et les graviers.

Dans les systèmes fixes sont :

1° La ferrure *Delperier*, dont il a été question ci-dessus;

2° Les fers à cheville qu'on enfonce dans un trou d'attente, tel que le fer *Fleming*;

3° Les fers à crampons à vis.

L'armée doit faire cet hiver des expériences sur l'emploi des crampons chevillés et vissés.

Rapport de M. Risler sur les **Procédés de culture de la vigne phylloxérée,** de M. Maistre.

M. Maistre a réussi à conserver 40 hectares de vignes françaises en les arrosant pendant l'été, environ tous les quinze jours, avec la quantité d'eau nécessaire pour faire vivre une prairie. On y trouvait des phylloxeras; mais, grâce à l'arrosage, la vigne restait assez vigoureuse pour donner, malgré eux, de belles récoltes. Depuis deux ans, M. Maistre a joint à l'eau l'emploi du sulfo-carbonate de potasse à faible dose et le succès a été encore plus complet.

Traitement du cuivre dans la cornue Bessemer, par M. Manhès.

On avait déjà essayé en Angleterre l'emploi du procédé Bessemer pour le traitement des matières cuivreuses; mais ces essais, faits notamment par M. Haloway, n'avaient pas réussi.

M. Manhès, de Lyon, a repris ces essais à son usine de Vedènes, dans le département de Vaucluse; ayant reconnu que la principale difficulté provenait de l'action réfrigérante du vent sur le cuivre épuré, il substitua aux tuyères verticales des tuyères horizontales, injectant le vent dans le bain à une certaine distance au-dessus du fond de la cornue. On put ainsi transformer toute la matte et produire du cuivre retenant au maximum 1 1/2 pour 100 de matières étrangères. Pour se débarrasser des scories ferreuses on peut, avec les mattes riches, ajouter du quartz qui se combine au protoxyde de fer et empêche la formation d'oxyde magnétique ou de la fonte manganésée qui produit du silicate de manganèse; avec des mattes pauvres, on divise l'opération en deux, on enrichit la matte dans une première opération et on achève l'épuration dans une cornue regarnie à neuf.

Le procédé fonctionne industriellement à Sorgues et produit 4,000 kilogrammes de cuivre épuré par jour. On peut dire que cette méthode sim-

plifie considérablement la métallurgie du cuivre. Le travail est réduit de six ou huit opérations à trois, et on obtient du cuivre renfermant au plus 1 1/2 pour 100 de matières étrangères, alors que le cuivre brut du Chili, traité par les affineurs français, renferme en moyenne au moins 4 pour 100 d'impuretés.

La main-d'œuvre et la consommation de houille sont réduites dans une forte proportion

Notice nécrologique sur M. A. Salvetat, par M. F. Le Blanc.

Conférence sur les paratonnerres faite au Congrès international des électriciens, à Paris, par M. Melsens.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

OCTOBRE 1882.

Étude sur la **largeur du lit moyen de la Garonne,** par M. Fargue, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

L'auteur pose deux principes d'hydraulique fluviale pour l'amélioration des rivières navigables au moyen de rives artificielles :

1° L'écartement des rives artificielles doit varier avec deux éléments, la distance et la courbure, savoir :

a) La largeur au point d'inflexion doit croître de l'amont vers l'aval;

b) Entre deux points d'inflexion consécutifs, la largeur doit croître en même temps que la courbure croît elle-même et présenter vers le sommet un maximum qui est d'autant plus grand que la courbure du sommet est elle-même plus grande.

2° Les rives convexes doivent avoir un développement supérieur à celui des rives concaves.

Sur la Garonne, dans la petite partie, jusqu'à Barsac où le régime est surtout fluvial, les rives artificielles sont distantes de 180 à 200 mètres. Cette largeur croît progressivement jusqu'à Portets, où elle atteint 250 mètres. Dans la partie où la marée se fait sentir puissamment, c'est-à-dire entre Portets et le Bec-d'Ambès, la largeur croît de 250 à 900 mètres.

L'auteur examine successivement les rives à écartement sensiblement uniformes, les rives à écartements variables suivant la courbure, la relation

entre la courbure et la largeur, la question du débit solide qui est très intéressante. Le rapport entre le débit solide traîné et le débit liquide peut être employé pour mesurer la violence des crues; on pourrait l'appeler coefficient torrentiel, et, en le comparant à la pente du cours d'eau, on reconnaîtrait probablement qu'il existe une relation directe entre ces deux éléments. Il faut d'ailleurs tenir compte du régime de la rivière, à un seul courant ou à marées.

En résumé, le tracé du lit repose sur les considérations suivantes :

L'écartement des rives doit croître de l'amont vers l'aval, non d'une manière uniforme, mais par une série de périodes correspondant aux courbes du tracé et dont chacune embrasse un accroissement suivi d'une diminution de la largeur, de manière que le lit soit élargi vers le sommet des courbes et rétréci aux abords des points d'inflexion.

Les points d'inflexion des deux rives ne doivent pas se trouver dans le même profil transversal; leur agencement doit être tel que les courbes convexes soient plus développées que les courbes concaves.

Mais quelque forme que l'on donne à la rivière, il faudra toujours recourir aux dragages d'une manière permanente, si on veut conserver à la navigation son régime antérieur et, à plus forte raison, si on veut l'amélioration, parce qu'il y a des dépôts de matériaux relativement gros qui sont parvenus à l'extrémité de leur transport vers la mer par charriage des eaux. Ces dépôts, qui sont immobiles, doivent être périodiquement amoindris ou enlevés, sous peine de voir la navigation subir une détérioration lente mais fatale. D'autre part, si les rives artificielles données à la rivière ont des formes correctes, ces dragages suffiront pour maintenir constamment la profondeur; autrement les dragages, même continus et sur une grande échelle, seront impuissants et on finira par être obligé à y renoncer, les dépenses étant hors de proportion avec les résultats obtenus.

Étude sur la stabilité des ponts métalliques en arc, par M. Resal, ingénieur des ponts et chaussées.

Cette étude a été faite au sujet du projet d'un pont en fer sur la Loire pour le passage du chemin de fer de jonction des deux gares de Nantes.

Elle comprend les trois points suivants :

1° Détermination, dans chaque section, d'un arc métallique articulé aux naissances, du maximum absolu de travail du fer à la compression ainsi qu'à l'extension, sous l'action simultanée de la charge permanente, des variations de la température et d'une surcharge d'épreuve immobile répartie de la manière la plus défavorable;

2° Détermination de la flèche ou de l'abaissement à la clef, ainsi que du travail maximum du métal, dus à l'effet d'une charge roulante, pour un

pont métallique en arc ou en poutre droite. Influence de la vitesse du convoi et de la charge permanente de l'ouvrage;

3° Détermination des efforts subis par les tympans rigides d'un pont en arc, par suite des déformations éprouvées par les arcs sous l'influence des variations de la température et de la surcharge.

Les conclusions du mémoire sont :

1° Il est aisé d'appliquer aux arcs métalliques un mode de calcul aussi rigoureux que celui qui sert pour les poutres droites à travées solidaires;

2° On peut, au moyen d'une formule très simple, déduite de la théorie de la résistance des matériaux, se rendre un compte exact de l'influence de la vitesse des charges roulantes; cette influence paraît d'ailleurs être peu sensible pour les grands ouvrages;

3° On doit, dans un pont métallique quelconque, réduire autant que possible le poids des parties qui ne contribuent pas essentiellement à la stabilité, et surtout se garder de placer sur le pont des charges mortes, absolument inutiles au point de vue de la consolidation de l'ouvrage, telles que le ballast.

L'opinion contraire à celle-ci a été quelquefois adoptée, parce qu'on confondait l'idée de charge instantanée ou dynamique avec celle de charge accompagnée de choc, ce qui est tout différent;

4° En ce qui concerne le mode de construction des tympans, l'auteur pense qu'on peut le régler comme suit :

a) Pour les arcs de faible ouverture, au-dessous de 25 mètres, on peut adopter des tympans rigides de disposition quelconque;

b) De 25 à 40 mètres, il serait bon d'articuler les arcs aux naissances; on pourrait employer des tympans rigides, à condition de ne pas donner trop de largeur en élévation aux pièces constitutives de ces tympans, afin de réduire le moment d'inertie dans ce sens;

c) De 40 à 80 mètres, les tympans seraient formés de pièces verticales articulées avec les longerons du tablier et avec les arcs, ou tout au moins avec ces derniers;

d) Au delà de 80 mètres, on adopterait le système de M. Darcel en composant chaque arc de deux pièces réunies à la clef par une articulation et reliées chacune invariablement au tympan correspondant;

e) Enfin, pour les très grandes portées, avec surbaissement médiocre, on pourrait supprimer l'articulation à la clef en donnant à l'arc une très grande raideur à cette partie et adopter le système de M. Eiffel, qui consiste à rendre le tablier absolument indépendant des arcs, sauf à la clef, où il y aurait une liaison invariable.

Rapport de la commission chargée d'examiner le **frein à air comprimé de M. Wenger.**

On sait que le principe de ce frein est l'emploi pour commander les

sabots de pistons à surfaces différentielles; si les pressions sont égales sur les deux faces, le piston obéit à l'action exercée sur la plus grande et les freins se desserrent; si on détermine une dépression sur la plus grande face, le piston se meut en sens contraire et serre le frein. Il y a, pour chaque voiture, deux pistons dans le même cylindre, et c'est en faisant écouler l'air de l'espace intermédiaire qu'on produit le serrage.

A l'origine le frein comportait deux conduites distinctes, communiquant toutes deux avec le réservoir d'air comprimé placé sur la machine et mises en rapport, l'une avec l'espace entre les pistons et l'autre avec les extrémités du cylindre; il suffisait, pour le serrage, d'intercepter la communication de la première avec le réservoir d'air et de l'ouvrir à l'atmosphère. D'autre part, en maintenant, d'une manière permanente, cette ouverture à l'atmosphère, on pouvait, par l'autre conduite, employer le frein comme frein à. air comprimé direct non automatique.

Il y avait là une complication sérieuse et M. Wenger a aujourd'hui supprimé la conduite de serrage, pour ne conserver que la conduite de déserrage. Les réservoirs à l'extrémité des cylindres ne sont plus alors en communication directe avec le réservoir d'air comprimé; ils ne sont plus alimentés que par l'air que laissent passer les garnitures en cuirs emboutis des pistons, ce qui est suffisant.

Sur la tubulure qui met la conduite unique en communication avec le cylindre d'une voiture sont placées deux soupapes, l'une d'admission, qui s'ouvre du côté du cylindre et empêche l'air, entré dans celui-ci, de revenir vers la conduite; l'autre, d'échappement, ferme un orifice qui débouche dans l'atmosphère.

Cette soupape est pressée sur son siège par l'air de la conduite et se soulève si une dépression se produit dans la conduite.

Avec l'appareil ainsi modifié on a, pour des vitesses de 45 à 60 kilomètres, obtenu des arrêts dans des durées de 15, 17 et 19 secondes.

En somme les résultats acquis semblent suffisants non, sans doute, pour établir une conclusion définitive relativement à la valeur du frein Wenger, mais du moins pour prouver qu'il est digne d'une étude plus complète. Ce frein, appliqué à deux trains entre Paris et Étampes, avait, du 30 novembre 1881 à fin janvier 1882, fonctionné régulièrement sans un seul cas de mauvais fonctionnement.

COMPTES RENDUS MENSUELS DES RÉUNIONS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

DISTRICT DU CENTRE.

RÉUNION DE MONTLUÇON, 9 JUILLET 1882.

Communication de M. GIBON sur le **Congrès d'Alais**.

Note de M. FAYOL sur la **Suppression du poste de nuit dans le remblayage des grandes couches**.

Cette suppression faite à Commentry est un véritable progrès qui permet à la fois d'améliorer le sort des ouvriers, d'obtenir un travail plus parfait et de diminuer le prix de revient; il faut seulement un plus grand nombre de bennes et quelques chantiers de plus pour une production donnée, ce qui n'a pas présenté de difficultés à Commentry.

Note de M. DURAND sur les **Dépôts houiller**

Note de M. HENNECART sur l'**Installation d'un service téléphonique** à la glacerie de Montluçon.

Cette installation sert à mettre la Direction en communication avec le bureau des expéditions, éloigné de 150 mètres, et avec la fabrique de produits chimiques dont la distance est de 400 mètres. Ces postes sont reliés par une ligne aérienne formée d'un seul fil métallique; le retour se fait par la terre.

Le transmetteur est un microphone Ader; il y a à chaque poste six éléments Leclanché.

Le récepteur est un téléphone Ader.

Le prix des appareils de chaque poste est de 260 francs, dont 200 pour le microphone et les récepteurs, 20 francs pour la sonnerie, 30 pour les piles et 10 pour le parafoudre. Le fil isolé coûte 0 fr. 10 le mètre, le fil de fer galvanisé 0 fr. 03 et chaque isolateur en porcelaine 2 fr. 50. Les commutateurs coûtent 10 francs. L'installation complète est revenue à un peu plus de 1,000 francs.

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE, 7 OCTOBRE 1882.

Communication de M. GONTHIER sur une **Explosion de chaudière.** Cette explosion a eu lieu le 3 octobre 1882, au puits Dolomieu des mines de Roche-la-Molière, sur une chaudière à un seul bouilleur-réchauffeur. La chaudière avait $1^{m},20$ de diamètre et le bouilleur 1 mètre; ce dernier avait ses tôles corrodées à l'extérieur et très réduites d'épaisseur au contact d'une murette en briques.

Communication de M. BATAULT sur l'emploi de la **Balance d'induction**, de M. HUGHES, **pour la recherche des masses métalliques.**

Note de M. DESBONS sur l'**Exploitation de l'or à la Guyane française.**

Le Secrétaire-Rédacteur,
A. MALLET.

Paris. — Imp. E. CAPIOMONT et V. RENAULT, rue des Poitevins, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

DÉCEMBRE 1882

N° 12

Pendant le mois de décembre la Société a traité les questions suivantes :

1° *Médaille d'or* à décerner à M. Loustau, trésorier. (Séance du 1er décembre, page 588.)

2° *Exposition d'Amsterdam*, par M. Jules Armengaud. (Séance du 1er décembre, page 589.)

3° *Cartes représentant graphiquement les données statistiques sur les chemins de fer Austro-Hongrois*, par M. Adolphe d'Eichtal. (Séance du 1er décembre, page 591.)

4° *Carte géologique de la Cochinchine française*, par M. Petiton, ingénieur des mines. (Séance du 1er décembre, page 592.)

5° *Recherches des lois naturelles et positives dans les sciences d'observations*, par M. Love. (Séance du 1er décembre, page 594.)

6° *Situation financière de la Société.* (Séance du 1er décembre, page 600.)

7° *Élections des membres du Bureau et du Comité.* (Séance du 15 décembre, page 603.)

Pendant le mois de décembre, la Société a reçu :

De M. Sergueeff, membre de la Société, un mémoire sur le *Canal maritime entre Saint-Pétersbourg et Cronstadt.*

De M. Ernest Nibaut, ingénieur, un exemplaire de son étude sur la *Guyane française, son administration et ses richesses aurifères.*

De M. Maldant, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure intitulée : *Matière et Force.*

De M. d'Eichtal, membre de la Société, un exemplaire d'un album ayant pour titre : *Représentation graphique des données statistiques sur la Société autrichienne I. R. P. des chemins de l'Etat.*

De M. Cotard, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur les *Canaux d'irrigation de la vallée du Rhône.*

De M. Ildebrando Nazzani, professeur, un exemplaire de son mémoire intitulé : *Misure di velocita del Tevere.*

De M. de Comberousse, membre de la Société, un exemplaire du numéro de la nouvelle Revue du 1er septembre, contenant son article sur l'*Ecole Centrale des arts et manufactures.*

De M. Chabrand, ingénieur, un exemplaire de son Étude sur la *Voie métallique.*

De M. Broca, membre de la Société, un exemplaire de sa Note sur un système de *Rails à gorge et à patin.*

De M. Bömches, membre de la Société, un exemplaire de son ouvrage intitulé : *Bericht über die Wrchtigsten hafenpläktze der Levante in Rommerzuller und maritimer Beziebung*, et un exemplaire *Die Œsterreichisch-Ungarische Ausstellung in Triest.*

De M. le commandeur Alessandro Betocchi, membre honoraire de la Société, un exemplaire de son mémoire intitulé : *Pro Fusino.*

Les Membres nouvellement admis sont :

MM. Bécard, présenté par MM. De Comberouse, Gottschalk et Le Roy.
Desruelles, — Lavezzari, Périssé et Émile Trélat.
Gouvy fils, — Gouvy père, Loustau et H. Mathieu.
Saint-Phalle (de), — Carimantrand, Mallet et Marché.
Salvetat, — Clémandot, Le Blanc et Loustau.
Supervielle, — De Comberousse, Gottschalk et Hallopeau.

CREUSEMENT

DU

TUNNEL SOUS-MARIN ENTRE CALAIS ET DOUVRES

SUIVANT UN SYSTÈME HYDRAULIQUE PROPOSÉ

PAR

M. CRAMPTON, DE LONDRES

MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE PARIS

Au moment où la question du tunnel sous-marin entre la France et l'Angleterre paraît devoir bientôt entrer dans la phase de la réalisation, j'ai pensé que la description d'un nouveau système d'exécution par des procédés entièrement mécaniques, automatiques, et d'une grande économie, pourrait intéresser les membres de notre Société, c'est dans ce but que je viens lui soumettre ce Mémoire dont j'ai déjà donné lecture en Angleterre, à l'*Institution des Ingénieurs mécaniciens*, à **Leeds**, et au Congrès de l'*Association britannique*, à **Southampton**.

Sans entrer dans des considérations concernant la géologie des deux pays, je supposerai, comme étant bien établi, qu'il existe entre Calais et Douvres un banc de craie d'une contexture régulière et uniforme complètement imperméable à l'eau et assez tendre pour être coupée ou rabotée facilement par des outils tranchants ordinaires.

Depuis plus de dix ans, on a fait en Angleterre, dans une couche de craie argileuse de la nature de celle qui forme le banc de craie dite *de Rouen*, dont la continuité a été reconnue entre Calais et Douvres, l'essai d'une machine perforatrice analogue à celle que nous allons décrire, avec laquelle on a creusé un trou cylindrique de 7 pieds ou $2^m,10$ de diamètre, qui s'avançait de 1 mètre par heure et qui aurait pu ainsi creuser un trou de 24 mètres en vingt-quatre heures si elle avait marché jour et nuit sans s'arrêter.

Avec cette machine, le creusement d'une galerie de 2^m,10 de diamètre ayant toute la longueur du tunnel sous la Manche, qui est de 32 kilomètres, entrepris au moyen de deux perforatrices semblables partant des deux bouts en même temps et marchant à la rencontre l'une de l'autre, en supposant qu'il n'y ait aucun arrêt dans leur fonctionnement, pourrait être achevé en six cent soixante-six jours ou vingt-deux mois, soit deux ans au plus.

On voit donc qu'en moins de quatre années, un aussi remarquable ouvrage pourrait être exécuté; car il ne faudrait pas plus de deux ans pour élargir la galerie et lui donner la section d'un grand souterrain à deux voies pareil à ceux du Mont-Cenis et du Saint-Gothard, dont la construction n'a pas duré moins de dix ans. Mais je pense qu'avec la craie, dont on connaît maintenant très bien la nature, par suite des galeries et des sondages opérés à Douvres, en Angleterre et à Sangatte, en France, il ne faudra pas s'en tenir au creusement d'une galerie de 2^m,10 de diamètre, qui serait élargie ensuite. Rien n'empêche de creuser le tunnel suivant une section circulaire de 36 pieds anglais ou 10^m,80 de diamètre. Les parois d'un pareil cylindre se maintiendront très bien sans crainte d'éboulement.

Je supposerai donc l'emploi d'une perforatrice capable d'attaquer le tunnel sur son plus grand diamètre, en s'avançant de 1 mètre par heure.

Elle produirait de cette manière plus de 91 mètres cubes de déblais à enlever. En tenant compte du foisonnement et de l'imprévu, on peut ajouter 50 pour 100 en plus à ce chiffre qui va représenter ainsi un total de 136 mètres cubes ou environ 250 tonnes de débris calcaires à extraire dans une heure.

Si nous supposons que l'enlèvement des déblais doive s'effectuer par le système ordinaire de wagons remorqués par des chevaux, des locomotives ou des câbles, nous reconnaîtrons que le transport de 250 tonnes, à 3 tonnes par wagon, nécessitera l'emploi de 83 wagons par heure; chacun d'eux devra être rempli en 44 secondes, et si un train est composé de 10 wagons, il faudra toutes les sept minutes en expédier un chargé et en recevoir un vide.

Les wagons devraient ensuite être élevés au sommet d'un puits de 120 mètres de profondeur.

Cela reviendrait à l'extraction de 6,000 tonnes de déblais par jour

dans le même puits. Cette quantité est plus du double de ce qui s'extrait d'un puits de nos plus importantes mines de charbon.

Ce n'est pas tout.

Le revêtement du tunnel avec un mur en maçonnerie de $0^m,90$ d'épaisseur, nécessitera, pour chaque mètre courant de tunnel, l'apport de 30 mètres cubes par heure de matériaux dans des wagons qu'il faudra décharger et renvoyer ensuite par d'autres voies pour ne pas gêner le mouvement des trains faisant le transport des déblais.

On voit donc que ce serait un travail très difficile d'exécution, s'il fallait, par les moyens ordinaires, opérer le revêtement du tunnel en même temps que l'enlèvement des déblais produits par une machine perforatrice creusant le tunnel sur son plus grand diamètre et s'avançant de 1 mètre par heure.

Pour obvier à cet état de choses, je vais décrire un système qui me paraît devoir supprimer tout le travail nécessitant l'emploi de wagons pour l'enlèvement des déblais.

Il est fondé sur un appareil hydraulique capable de faire marcher à la fois la machine perforatrice, à enlever les débris, à les transporter depuis le front d'attaque jusqu'à la surface du sol ou à les rejeter dans un puisard d'où ils seraient extraits ensuite par des pompes.

Pour le moment, je vais raisonner comme si le tunnel, sur la moitié de sa longueur, c'est-à-dire sur 16 kilomètres, devait être creusé de niveau à 120 mètres au-dessous du niveau de la mer, et comme si la perforation et l'enlèvement des débris devaient s'opérer à une distance de 16 kilomètres du point de départ.

A côté de l'orifice du puits vertical A (fig. 1, pl. 46) serait établie une puissante machine à vapeur avec des pompes élevant l'eau de la mer et la soumettant à une énorme pression sous des accumulateurs. Cette pression serait, par exemple, de 38 atmosphères ; en y ajoutant celle de 12 atmosphères résultant de la différence entre le niveau de la mer et celui du tunnel, on pourrait disposer au fond du puits d'une force hydraulique de 50 atmosphères, qui est celle généralement en usage pour la manœuvre des machines de ce genre.

Le tuyau d'admission B, qui conduit l'eau soumise à cette pression de 50 atmosphères au fond du puits et jusqu'au front d'attaque de la machine perforatrice, devra pouvoir s'allonger à proportion de l'avancement de cette machine, et cette opération sera facilitée par l'emploi d'un tuyau C à joint télescopique, avec une course libre de 24 mètres

de longueur, de manière à n'avoir qu'un seul arrêt en vingt-quatre heures.

La machine perforatrice (fig. 2-5 pl. 46) sera actionnée par un moteur hydraulique D fonctionnant directement et sans engrenages. Les débris de craie résultant du travail de la perforation seront ramassés par une série de godets et déposés dans une bâche inclinée E au haut de laquelle est projetée l'eau qui a servi à faire marcher la perforatrice.

L'eau, en descendant dans la bâche, entraîne les débris et les verse ensuite dans un tambour qui tourne avec une vitesse déterminée, et ces débris ne tardent pas à y être réduits à l'état de bouillie ou de crème. Le volume d'eau servant à faire marcher les moteurs hydrauliques devra être calculé de manière à représenter à peu près, en poids, trois fois celui des débris calcaires. Après leur mélange avec l'eau dans le tambour en rotation, les débris à grains fins sont rapidement dissous et il en résulte une crème ou bouillie qui, après avoir passé à travers les mailles d'un tamis métallique servant de paroi verticale au tambour, est enlevée par des pompes ordinaires G actionnées par des moteurs hydrauliques H, dirigée ensuite par la conduite de décharge J (fig. 7) jusqu'au fond du puits A ou bien forcée verticalement dans le puits jusqu'à la mer, si on le juge convenable.

Les pompes G sont installées sur le cadre même de la machine perforatrice et les moteurs hydrauliques H sont actionnés par de l'eau soumise à une pression de 50 atmosphères prise sur la conduite d'admission B.

La conduite de décharge J sera munie d'un appareil à joint télescopique comme celle d'admission dont il a été parlé plus haut. Les deux longueurs télescopiques sont solidaires, attachées l'une à l'autre, elles sont soumises aux mêmes mouvements.

Entre le télescope et la conduite principale se trouvent deux soupapes U, V; l'une ajustée sur le tuyau télescopique et l'autre sur la conduite. Quand le piston compresseur est à bout de course, les soupapes sont fermées et la jonction I entre les soupapes est disjointe; le télescope est alors mis en mouvement, en avant sur le cylindre compresseur, par l'ouverture d'un petit robinet K qui relie le cylindre compresseur avec une chambre où on a fait le vide.

L'eau du cylindre compresseur se précipitera dans la chambre et le télescope sera poussé au-dessus du cylindre le long de la machine par

la pression de l'air qui se trouve derrière. L'espace laissé ainsi entre les soupapes UV est rempli par une longueur de tuyau en excédent avec une soupape qui lui est attachée; le petit robinet K est fermé, les soupapes UV sont ouvertes et le travail de la perforatrice recommence.

Quand il est nécessaire de ramener la machine, par exemple s'il s'agit de changer les disques-couteaux qui entaillent la craie, la crémaillère et la roue à pignons cesseront de fonctionner et un piston hydraulique, qui n'est pas indiqué sur le plan, servira pour obtenir ce résultat.

La crème sera refoulée au moyen de pompes le long de la partie du tunnel creusé par la perforatrice jusqu'au fond du puits, et de là par d'autres pompes, elle sera élevée à la surface du sol où elle s'écoulera dans la mer ou bien sera dirigée sur tout autre point qu'on jugera convenable.

On remarquera que tout l'espace du tunnel entre le puits et la perforatrice est entièrement libre, à l'exception de la surface occupée par les deux conduites : celle d'induction et celle de décharge. L'opération relative au revêtement du tunnel devient alors très facile, car il n'y aura pas d'autres transports sur les rails du chemin de fer établi le long du tunnel et pas d'autres descentes ou ascensions dans le puits vertical que ceux des ouvriers et des matériaux servant au revêtement en maçonnerie de la voûte du tunnel. Nous avons déjà fait voir que ces transports ne seraient au plus que le cinquième de tout ce qu'il y aurait à enlever des wagons, si on faisait usage des procédés ordinaires; autrement dit : les quatre cinquièmes des matières à transporter s'écouleront dans des tuyaux au lieu d'être mises en wagons.

Quelques détails concernant la puissance des machines employées à ces opérations, le diamètre des conduites d'admission et de décharge et autres données relatives aux machines hydrauliques, me paraissent dignes d'intérêt.

Taille de la craie.

On se servira pour couper la craie d'une machine très simple dans sa construction. Elle est représentée par les figures 2-6, et disposée pour le creusement d'une galerie de $2^m,40$ de diamètre. Elle consiste

en un certain nombre de petits disques métalliques D tournants posés en biais, suivant un angle, fixés sur un large bouclier perforateur H et destiné à marcher suivant une vitesse déterminée.

Chaque disque-couteau enlève, dans chaque révolution qu'il fait avec le bouclier, un anneau circulaire de craie d'environ 2 millimètres au plus d'épaisseur et d'une largeur à peu près égale au quart du diamètre du disque.

Les disques sont disposés de manière à fonctionner tous d'une manière continue, et aucun d'eux n'a à extraire plus que la quantité de craie proportionnelle à l'épaisseur et à la largeur de l'entaille.

Les disques représentés par la figure 6 tournent librement sur leurs axes A, et comme ils n'entaillent la craie que sur un quart environ de leur diamètre, ils tournent sur eux-mêmes dans une direction opposée à celle du bouclier auquel ils sont attachés, et ils agissent pour ainsi dire comme s'ils creusaient des ornières dans la craie. Le tranchant du couteau change continuellement et, de cette façon, il s'use aussi peu que possible, et, ce qui est bien remarquable, il n'a jamais besoin d'être aiguisé, car il ne s'émousse pas. J'ai pu faire marcher une perforatrice qui creusait la craie, en s'avançant de près de 5 mètres par heure, sans avoir altéré le coupant des disques-couteaux.

Il résulte de mes nombreuses expériences que pour extraire 1 mètre cube de craie en une heure, il ne faudrait pas dépenser plus de deux chevaux et demi de force; par conséquent, en creusant un tunnel de $10^m,50$ de diamètre qui nécessite l'enlèvement d'environ 136 mètres cubes, il suffirait de faire marcher la perforatrice avec une force d'environ trois cent quarante chevaux.

La pression de l'eau d'arrivée sur la surface du joint télescopique d'un côté et la pression à l'arrière de la crème refoulée vers la décharge de l'autre, maintiendront toujours la machine automatiquement poussée en avant, et il devient nécessaire de faire un arrangement pour contrôler cette vitesse et permettre à la machine de s'avancer seulement de la quantité jugée convenable.

Il y a plusieurs moyens bien simples d'arriver à ce résultat; la figure 2 en fait voir un qui consiste en un engrenage à vis et à pignon fonctionnant sur une crémaillère.

Pour attaquer un mur de craie sur un diamètre de $10^m,50$, il serait nécessaire d'employer soixante-douze disques-couteaux fixés sur les bras ou les nervures du bouclier; chaque disque pendant une révolu-

tion de la machine, enlèverait un anneau concentrique de 0m,075 de largeur et de 2 millimètres d'épaisseur.

Supposons que le bouclier H fasse dix tours par minute; cela produirait à la circonférence extrême de l'appareil une vitesse de 330 mètres par minute ou 5m,50 par seconde, ce qui ne dépasse pas les limites de la pratique.

On comprend très bien que les disques-couteaux tourneront à des vitesses différentes, ceux qui sont à l'extrémité du cercle auront beaucoup plus de travail à faire que ceux fixés près du centre.

Pour couper de la craie, on a reconnu que les disques en tournant pourraient fonctionner également quelles que soient les vitesses de leurs rotations. Les supports transversaux sur lesquels la machine glisse ou marche et la crémaillère, par le moyen de laquelle on règle son avancement, sont faits de pièces de longueurs convenables et celle qui devient libre à l'arrière est immédiatement transportée et posée à l'avant. Cette opération a lieu, comme le fait voir la section transversale de la machine (fig. 5), au moyen de deux bras FF (fig. 3 et 5) montés sur la même ligne que l'arbre principal à l'arrière de la machine. Ces bras sont abaissés et boulonnés à la traverse E sur laquelle sont attachées quelques longueurs des rails R et de la crémaillère S.

Au moyen d'une petite machine hydraulique ou par tout autre procédé, les bras avec les traverses en tournant, prennent la position indiquée par les traits ponctués où ils déposent la traverse et ses accessoires sur deux petits charriots H H, marchant au moyen de rouleaux sur les longrines G. Ces chariots ont des supports avec crochets, comme le fait voir la figure sur lesquels les rails sont déposés. Les bras sont ensuite déboulonnés et les chariots avec la traverse et les accessoires qu'ils portent sont poussés à la main, ou descendent par la gravité, en suivant les longrines G jusqu'à l'avant de la machine, où la traverse K est ramassée par des bras ou des leviers exactement pareils aux autres et déposée à la place qu'elle doit occuper au fond de la galerie.

Les longrines avec les chariots qui roulent dessus peuvent être traversés sur de petites distances à leurs extrémités, de manière à se tenir en dehors de la manœuvre de pose ou d'enlèvement de la traverse.

Réduction des débris de la craie en bouillie ou crème.

J'ai eu l'occasion, il y a quelques années, de disposer un appareil qui, sous un petit volume, était capable de produire une grande quantité de crème calcaire telle qu'elle est employée dans les usines à ciments.

L'appareil qui a fonctionné longtemps est simplement un tambour cylindrique de 1m,20 de diamètre, de 0m,80 de longueur à l'intérieur et faisant, en tournant, 32 révolutions par minute.

Une des parois verticales de ce tambour est composée d'un fort grillage en fils métalliques, excepté au centre où se trouve une ouverture circulaire de 0m,375 de diamètre.

Les débris calcaires et l'eau destinée à les dissoudre, quelles que soient les proportions de leur mélange, entrent par cette ouverture dans le tambour pendant qu'il tourne et les particules calcaires agitées et saturées par l'eau ne tardent pas à se dissoudre; une crème ou une bouillie, plus ou moins consistante, est alors produite; cette crème passe à travers les mailles du grillage métallique et se rend en coulant comme de l'eau, dans un réservoir.

C'est alors qu'on l'enlève au moyen d'une pompe et qu'on peut l'envoyer par des tuyaux, au lieu de l'emploi. Avec ce petit appareil, j'ai pu réduire à l'état de crème en moins d'une heure 10m,50 cubes de débris calcaires pesant environ 21 tonnes.

La figure 2 représente un tambour avec les dimensions que je viens de donner, placé dans un tunnel de 2m,40 de diamètre; ce qui est un espace plus que suffisant pour le contenir.

Ce ne sera plus qu'une simple question de proportion, de déterminer la dimension des tambours cylindriques capables de réduire en une heure 130 mètres cubes de débris calcaires résultant du creusement du tunnel sur son plus grand diamètre de 10m,50. Il est certain que deux tambours de 2m,10 de diamètre et de 2m,10 de long, suffiraient pour opérer cette réduction.

Je peux, sans hésiter, affirmer, par suite des nombreux essais que j'ai faits à ce sujet, que le travail, pour réduire en crème 1 mètre cube de

débris dans une heure, sera d'environ $0^m,65$ de la force d'un cheval, et pour l'ensemble du tunnel, la force totale dépensée serait d'environ celle d'une machine de 85 chevaux.

Transport de la crème au fond du puits.

Avant de fixer définitivement la quantité d'eau nécessaire dans son mélange avec la craie pour la réduire rapidement à l'état de crème, j'ai fait de nombreux essais avec des tuyaux de petits diamètres, afin de mesurer l'excédant du frottement de la crème transportée dans ces tuyaux, comparé au seul frottement de l'eau pure. Sans entrer dans des détails concernant ces essais, j'ai pu constater qu'un mélange de craie et d'eau en quantités égales, éprouvait 14 pour 100 de résistance en plus du frottement de l'eau pure. Cette résistance est réduite à 3 3/4 pour 100 quand il y a en poids deux fois plus d'eau que de craie, et à 2 1/3 pour 100 avec un mélange de trois proportions d'eau pour une de craie. J'ai donc cru devoir décider que la proportion en poids de 1 de craie et 3 d'eau ou, en volume, de 1 de craie dans 6 d'eau, serait généralement employée.

J'ai reconnu également qu'il ne serait pas prudent de refouler la crème de craie dans des tuyaux avec une vitesse inférieure à $0^m,45$ par seconde; autrement les molécules de craie seraient exposées à se tasser et à arrêter l'écoulement. J'ai donc pris mes mesures pour que la crème ne puisse pas s'écouler dans les tuyaux avec une vitesse moindre de $0^m,60$ par seconde.

J'ai déjà fait voir que la perforatrice pourrait produire 136 mètres cubes de débris par heure dans le creusement du tunnel à grande section sur 1 mètre de longueur; nous aurions donc besoin de $136 \times 6 = 816$ mètres cubes d'eau par heure ou 13 mètres cubes par minute. Un tuyau de 30 centimètres de diamètre en débiterait cette quantité à son extrémité éloignée de 16 kilomètres du point de départ, sous une pression de 50 atmosphères, et l'eau s'écoulerait avec une vitesse de $2^m,85$ par seconde.

La puissance développée par cette quantité d'eau, à la pression de 50 atmosphères, représente 1,377 chevaux mis à notre disposition au front d'attaque de la perforatrice, 337 chevaux résultent de la pres-

sion seule de l'eau de la mer et les 1,040 chevaux complémentaires proviennent des pompes refoulant l'eau sous des accumulateurs.

Le mélange de craie et d'eau à enlever se compose de :

2^{m},05	cubes de craie par minute,
12^{m},40	d'eau par minute,
14^{m},45	total de la crème à enlever par minute.

Le poids de 1 mètre cube de crème serait d'environ 1,184 kilogrammes.

Une large conduite horizontale de décharge de 50 centimètres de diamètre serait nécessaire pour le transport de la crème jusqu'au fond du puits à 16 kilomètres de distance; la crème s'écoulerait dans cette conduite avec une vitesse de 73^{m},50 par minute, un peu plus de 1^{m},20 par seconde.

La pression totale nécessaire pour refouler la crème jusqu'au puits dans une conduite horizontale serait en tout de 64^{m},20 ou 4 mètres par kilomètre. Cela représente une force de 224 chevaux, la pression de la crème dans la conduite étant égale à 6 atm. 80.

Enlèvement de la crème du fond du puits à la surface du sol.

14^{m},45 cubes de crème pesant 1,185 kilogrammes par mètre cube, élevés à 120 mètres de hauteur par minute, nécessiteront des machines de 525 chevaux de force, y compris les cas imprévus.

Nous pouvons donc en conclure que la totalité de la puissance des machines nécessaires à ces opérations successives, seront détaillées ainsi :

1° Entaille de la craie.	340 chevaux.
2° Réduction de la craie en crème.	85 —
3° Transport de la craie au fond du puits dans un tuyau de 16 kilomètres de longueur.	224 —
Total de la force nécessaire au front d'attaque de la perforatrice.	649 chevaux.

Comme nous avons fait voir que nous avions à notre disposition une force de 1,377 chevaux, nous en aurons donc plus qu'il ne nous en

faut, lors même que les moteurs hydrauliques ne donneraient que 50 pour 100 d'effet utile, ce qui est une estimation bien faible.

Il y aura lieu de se procurer un supplément de puissance pour élever la crème du fond du puits à la surface du sol, que nous avons fait voir être égale à 525 chevaux, et ce supplément devra naturellement être ajouté à la force nécessaire à la compression de l'eau.

Pour comprimer 12^{m},50 cubes par minute, à la pression de 38 atmosphères, il faudrait une force 1,040 chevaux (la pression de l'eau de la mer produisant un supplément de force de 337 chevaux).

Il y aurait donc à se procurer au sommet du puits une force :

1° Pour comprimer l'eau de.	1,040 chevaux.
2° Pour enlever la crème au moyen de pompes. .	525 —
Total.	1,565 chevaux.

Avec cela, on ferait face à toute l'opération qui consiste à couper 136 mètres cubes de craie dans une heure, à la réduire à l'état de crème, à la refouler sur 16 kilomètres de longueur dans une conduite horizontale jusqu'au fond du puits et à l'élever ensuite par des pompes jusqu'à la surface du sol.

Je pourrais faire remarquer qu'à la rigueur, la crème pourrait être refoulée depuis le front d'attaque de la galerie du tunnel jusqu'au haut du puits par un seul tuyau; mais il faudrait pour cela employer des machines beaucoup plus puissantes.

Toute cette puissance de machines est indépendante de celle qu'il faudra employer pour le transport des ouvriers et des matériaux nécessaires au revêtement du tunnel. Ce travail pourra se faire au moyen de locomotives ou autres appareils ordinairement employés.

Comme variante du système que je viens de décrire, dans le cas où le tunnel présenterait un profil incliné pour l'écoulement naturel et facile des eaux d'infiltration qu'il pourrait rencontrer, je proposerais de ne point employer de machine pour refouler de l'eau sous des accumulateurs à la surface du sol, et d'utiliser seulement la pression de l'eau prise au niveau de la mer; autrement dit, profiter de la hauteur de 120 mètres qu'aurait cette eau au-dessus de la galerie sous-marine, pour faire fonctionner les perforatrices au moyen d'une colonne d'eau agissant sous une pression de 12 atmosphères.

Dans ce cas, la quantité d'eau nécessaire pour effectuer tout le travail serait beaucoup plus considérable, et au lieu d'un tuyau

d'admission de 30 centimètres de diamètre, il en faudrait un d'au moins 66 centimètres de diamètre.

Si le tunnel est creusé sous une inclinaison de 1/1000, la crème s'écoulera par la gravité, jusqu'au fond du puits d'où elle serait pompée ensuite à la surface du sol.

En raison de la quantité d'eau qui aurait servi à faire marcher la perforatrice, la proportion de craie et d'eau pour la crème serait de 13 d'eau pour 1 de craie. Avec cette proportion, la crème s'écoulerait aussi facilement que l'eau pure dans un canal ouvert ou dans une bâche; cela nous permettrait de supprimer entièrement la conduite fermée de décharge.

La puissance nécessaire pour entailler la craie et la réduire en bouillie serait la même que dans le premier cas, c'est-à-dire de 425 chevaux; mais il n'y aurait rien à dépenser pour refouler cette crème le long du tunnel jusqu'au puits. Le tuyau de 66 centimètres de diamètre, sous la pression de 12 atmosphères, débiterait $26^{m},30$ cubes d'eau par minute, au front d'attaque de la perforatrice à 16 kilomètres de distance, à la vitesse de 110 mètres par minute ou $1^{m},83$ par seconde; cela représente une force de 800 chevaux disponible, près du double de celle qui serait nécessaire.

Par contre, il y aurait à élever du fond du puits à la surface du sol une bien plus grande quantité de crème, près du double de celle que nous avons trouvée plus haut, et dans ce cas les pompes nécessiteraient une force de 950 chevaux.

Nous aurions donc à nous procurer à la surface du sol à l'entrée du puits :

1° Pour la compression de l'eau.	»	chevaux.
2° Pour l'enlèvement de la crème.	950	—
Total.	950	chevaux.

Au lieu de 1,565 chevaux, que nous avons vus être nécessaires dans le système à haute pression.

J'ai fait voir comment le système que je propose, présente les plus grands avantages pour le travail aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur du tunnel, et qu'il offre des moyens faciles et expéditifs d'effectuer le revêtement du tunnel sans gêner en rien l'opération du creusement et l'enlèvement des déblais; il devra donc en résulter une grande économie de temps et de dépenses.

Dans l'intérêt du petit nombre d'ouvriers qui seront employés à la manœuvre de la perforatrice, je propose d'envoyer de l'air mélangé à l'eau soumise à une haute pression ; cet air sortira avec l'eau des moteurs hydrauliques et servira à la ventilation du tunnel et à rafraîchir la température.

Pour le transport des objets nécessaires au revêtement du tunnel, ce qui n'est en réalité que le cinquième de toute la quantité de matières à transporter, on pourra faire usage de locomotives électriques ou à air comprimé.

Dans ce dernier cas, l'air se dégageant des machines servirait à la ventilation du tunnel. Mais rien ne serait si facile que d'envoyer par un petit tuyau spécial tout l'air qui serait nécessaire aux ouvriers employés dans le tunnel.

Je ferai observer, en finissant, que le pouvoir nécessaire au système hydraulique que je propose, n'est pas le tiers de celui qu'il faudrait employer pour entailler la craie avec des machines à air comprimé, et pour transporter les déblais dans des trains remorqués par des locomotives à air et qu'il faudrait élever ensuite à la surface du sol par les machines élévatoires ordinaires.

N. B. — La petite perforatrice de $0^{m},30$ de diamètre exposée à la séance des Ingénieurs civils, où il a été donné lecture de ce mémoire, est la même que celle dont s'est servi M. Crampton dans toutes les expériences qu'il a faites et qui viennent d'être décrites.

On a pu remarquer que les tranchants des disques-couteaux étaient restés aussi vifs que ceux de rasoirs fraîchement aiguisés.

M. Crampton a fait voir aussi qu'avec la seule force d'un bras, en faisant faire au bouclier perforateur 40 révolutions par minute, il avait pu creuser le bloc de craie avec un avancement de 2 mètres par heure.

Cette même machine quand elle était dans un atelier, mise en mouvement par une courroie attachée à un arbre commandé par une machine à vapeur qui lui faisait faire 120 révolutions par minute, a pu creuser le bloc de craie, avec un avancement de plus de 5 mètres par heure.

ANALYSE

DE L'OUVRAGE DE MM. LAVOINNE ET PONTZEN

SUR LES

CHEMINS DE FER EN AMÉRIQUE

Par M. L. BOUDENOOT.

INTRODUCTION

MM. Lavoinne et Pontzen ont récemment fait hommage à la Société des Ingénieurs civils du second volume de leur grand ouvrage sur « les chemins de fer en Amérique. »

On se rappelle l'attention et l'intérêt qu'a excités le premier volume à son apparition, en 1880, tant par la clarté de l'exposition et la bonne division des matières que par la science profonde et l'esprit judicieux d'appréciation qu'on y rencontre.

Les mêmes qualités se retrouvent dans le second volume, qui abonde en détails techniques, et dont l'ensemble est parfaitement conçu. L'exécution des planches n'est pas moins remarquable que la disposition des figures qu'elles contiennent : on y trouve résolu le problème qui consiste à enfermer, dans un cadre déterminé, le plus de choses possible. Non seulement les ingénieurs, mais encore les économistes et tous ceux qui s'occupent de l'industrie des transports, voudront lire ce livre, qui sera souvent consulté, et toujours avec fruit, par les hommes qui ont à construire ou à exploiter des voies ferrées.

Aujourd'hui que l'ouvrage est complet, le moment est venu d'en présenter un compte rendu à la Société des Ingénieurs civils. Chargé de faire cette analyse, je ne saurais qu'effleurer les principaux points d'un si important travail, dont les auteurs n'ont laissé de côté aucun

des sujets qui se rattachent à la construction et à l'exploitation des chemins de fer. Mais je serai heureux si le rapide résumé que j'en présente montre combien de matériaux précieux il renferme, comme documents et renseignements techniques, et combien est approfondi l'examen lumineux qu'il contient de toutes les grandes questions relatives aux chemins de fer.

Je ne puis non plus que mentionner d'une manière générale toute la partie descriptive de l'œuvre, je veux désigner par là les nombreux passages consacrés à la description détaillée des installations, des appareils, des machines et du matériel des lignes américaines. C'est dans le livre lui-même et dans les planches qui l'accompagnent, qu'il faut la rechercher.

Mais je m'attacherai à dégager, dans tout l'ouvrage, les considérations et appréciations techniques primordiales, les principes et les idées générales qui ont présidé à l'établissement et qui dominent l'exploitation des lignes américaines ; je m'efforcerai surtout de mettre en relief les différences qu'elles présentent avec celles de l'Europe et particulièrement de la France, et j'insisterai sur les divers points qui me paraîtront de nature à devoir attirer spécialement l'attention des ingénieurs français.

Aujourd'hui, en effet, que le grand programme de travaux publics, proposé par M. de Freycinet, est en pleine période d'exécution, il est utile et intéressant d'exposer de quelle manière et dans quelles conditions les Américains ont procédé de leur côté à l'exécution de travaux analogues, mais bien plus grandioses, si l'on songe que les États-Unis possèdent actuellement plus de 140.000 kilomètres de chemins de fer, dont 80.000 ont été construits dans les dix années de 1870 à 1880.

Ces diverses considérations établies, et après avoir signalé le substantiel aperçu, géographique et historique, que les auteurs ont placé au début de leur ouvrage, j'en aborde la revue analytique, non toutefois sans prévenir le lecteur que je passerai plus rapidement sur les matières contenues dans le premier volume, connu déjà du public, et que je m'étendrai davantage sur le second.

CONSTRUCTION

C'est à cette partie de la science technique des chemins de fer, que les ingénieurs désignent sous la rubrique générale de *Construction*, qu'est consacré le premier volume de l'ouvrage de MM. Lavoinne et Pontzen.

On comprend ordinairement sous ce titre : l'infrastructure, la superstructure et l'établissement des gares et stations.

INFRASTRUCTURE

Tracés.— Dans la première période de l'ère des chemins de fer, ceux-ci n'avaient guère, en Amérique, d'autre but que de servir à effectuer d'un fleuve ou d'un canal à un autre les transports qui ne pouvaient se faire par eau, et leurs tracés présentaient souvent une série de paliers séparés par des plans inclinés.

L'emploi définitif de la locomotive amena les ingénieurs américains à se rapprocher des conditions adoptées en Europe pour le tracé des voies ferrées ; mais on n'établit tout d'abord que des lignes, ou purement industrielles, ou des lignes de communication entre certaines villes importantes, toutes dues à l'initiative privée et la plupart composées de tronçons peu étendus ; ensuite on entreprit, avec le concours du gouvernement fédéral et des États, des voies d'intérêt général et des lignes à grand trafic. Aussi les compagnies américaines, suivant en cela un ordre précisément inverse de celui qui a été suivi en Europe, se sont-elles contentées longtemps de voies imparfaites, construites rapidement et à peu de frais, épousant autant que possible, à l'aide de courbes de court rayon et de fortes inclinaisons, les diverses inflexions du terrain ; et elles ne se sont décidées à s'imposer toutes les conditions d'établissement des grandes lignes européennes que pour les grandes voies complétant leurs réseaux, poussées enfin par la nécessité d'en rendre l'entretien et l'exploitation plus économiques.

Les tracés des lignes américaines se distinguent des nôtres par des déclivités plus fréquentes et plus fortes, par des courbes de plus petit

rayon, puis par la réduction des terrassements, par la substitution, temporaire ou définitive, de viaducs en bois ou en métal à des remblais même peu élevés, enfin par la traversée des villes et villages, rendre plus facile par l'habitude à la circulation des trains au milieu des rues.

Sur les lignes à grand trafic, le maximum d'inclinaison n'a pas dépassé $0^m,022$; mais, sur certaines lignes secondaires et surtout sur les lignes provisoires, on rencontre des inclinaisons de $0^m,06$ en alignement droit et de $0^m,045$ sur les courbes.

Le rayon minimum des courbes, fixé autrefois à 122 mètres, s'éloigne peu aujourd'hui de 200 mètres pour la voie normale ($1^m,445$) des lignes à grand trafic : mais, sur les lignes secondaires, on trouve des courbes de 105 mètres de rayon combinées avec des rampes de $0^m,026$; seulement on doit y remorquer les trains avec deux locomotives en tête, et quelquefois avec trois machines dont une en queue.

Ces fortes courbures ne sauraient être admises en Europe, où, au lieu du matériel roulant flexible des Américains, on a adopté le matériel rigide des Anglais.

Les ingénieurs américains adoucissent, comme on l'a vu, les rampes dans les courbes semblent-ils s'être mieux rendu compte que les ingénieurs européens de l'influence qu'exerce, sur l'économie de l'exploitation, la coïncidence des courbes et des rampes.

Profils en travers. Terrassements.— Si l'on considère les profils-types des lignes françaises à double voie normale, on voit que la largeur totale de la plate-forme varie entre $8^m,02$ et $9^m,55$ en remblai, et entre $8^m,82$ et $10^m,34$ en déblai.

Ce profil comprend : les quatre largeurs des rails, les deux largeurs de voie, l'entrevoie, les deux accotements, les banquettes, et, en déblai, les fossés.

Sur les lignes américaines à double voie normale, la largeur totale de la plate-forme ainsi définie est notablement inférieure. La différence porte sur l'accotement, dont la largeur moyenne aux États-Unis est de $1^m,30$, tandis qu'elle est en France de $1^m,47$, et principalement sur la banquette réservée au pied du talus du ballast. L'article 7 du cahier des charges français prescrit pour cette banquette une largeur de $0^m,50$ au moins. Aux États-Unis, la banquette est le plus souvent absente, et, quand elle existe, elle est beaucoup plus étroite.

D'autres différences à signaler consistent dans le peu de profondeur

des fossés, dans le rapprochement des traverses et dans la moindre importance donnée au massif du ballast. Aussi, malgré le bombement de la plate-forme, son asséchement n'est pas assuré, et les ingénieurs américains doivent parfois recourir à des drainages dans les tranchées.

On se préoccupe peu, en Amérique, d'utiliser les déblais des tranchées pour les remblais, qui sont ordinairement peu élevés, et qu'on exécute le plus souvent au moyen d'emprunts faits aux terrains voisins. Mais on apporte dans l'exécution des terrassements le plus d'économie possible et la plus grande célérité. A cet effet, on les réduit au minimum, ainsi qu'on l'a dit plus haut, et on y remplace autant que possible la main d'œuvre, fort chère aux États-Unis, par le travail des outils et des machines mus par la vapeur. (Scrapers ou excavateurs, dragues à sec, machines perforatrices à percussion ou au diamant, abatages à la poudre, à la nitro-glycérine, à la dynamite, etc.)

Ouvrages d'art. Ponts. Fondations. Souterrains.— Contrairement à ce qu'on rencontre en Europe et surtout en France, on trouve, en Amérique, beaucoup plus de ponts en bois ou en métal que de ponts en maçonnerie.

Ponts en bois. — Les ponts d'une portée inférieure à 5 mètres sont construits avec de simples poutres ; ceux d'une portée de 10 à 12 mètres avec des poutres armées, renforcées par des tirants et des poinçons simples ou doubles.

Pour les ponts de moyenne portée, on s'est d'abord servi de fermes à semelles parallèles, renforcées par des arcs, puis de treillis en bois, où l'on a substitué peu à peu le fer au bois pour une partie des pièces soumises à des efforts de tension.

Ponts métalliques.— Cette substitution partielle était un premier pas vers la construction de ponts entièrement métalliques. Le développement immense de l'industrie du fer et l'invention de types économiques rendirent bientôt général l'emploi de ces ponts, dont le gouvernement fédéral fixa alors les conditions de débouché et de hauteur libre.

Nous ne saurions suivre MM. Lavoinne et Pontzen dans les longs et savants détails avec lesquels ils ont traité cette importante question de la construction des ponts et des viaducs. Les conditions de charge, le calcul des efforts, la construction des différentes pièces dont sont composées les fermes, les épreuves auxquelles on les soumet, le mon-

tage, etc., tout a été l'objet, de la part des auteurs, d'une étude minutieuse et complète, suivie, en outre, d'un grand nombre d'exemples, empruntés à peu près à toutes les lignes des États-Unis.

Disons seulement que la plupart des ponts américains peuvent être rattachés à deux types généraux :

Celui de la poutre armée soutenue par des poinçons et des tirants;

Celui de la poutre à semelles parallèles réunies par des pièces, verticales ou inclinées, pouvant s'entrecroiser une ou plusieurs fois ou ne se rencontrer qu'à leurs extrémités.

Citons ensuite les traits qui distinguent les ponts américains des ponts européens :

Discontinuité des travées ;

Assemblage des pièces soumises à des efforts de tension au moyen de boulons formant axes d'articulations, sans rivures ;

Disposition des fermes en systèmes articulés et concentration des efforts dans le sens de la longueur des pièces.

Notons enfin que les ponts mobiles, tournants ou à soulèvement vertical, sont beaucoup plus répandus en Amérique qu'en Europe; qu'ils sont construits de manière à laisser libres à la fois deux passages d'un grand débouché ; mais que, malgré la célérité de leur manœuvre, ils sont considérés, en raison surtout de leur grand nombre, comme un obstacle fâcheux pour la navigation ; et la conclusion d'un rapport, fait à ce sujet en 1877 par le général Warren, est qu'il faut leur préférer des ponts fixes, à travées de grande ouverture établis à une hauteur convenable.

Fondations.— Les ingénieurs américains ont emprunté les divers systèmes de fondations usités en Europe et n'y ont guère apporté que les modifications exigées par les circonstances locales.

La fondation par *cribs*, ou encrèchements en charpente, est surtout employée pour les ponts provisoires, de même que les fondations sur plate-forme ou sur grillage.

Sur les fleuves et rivières où l'on a pu facilement profiter des basses eaux, on a exécuté des fondations par épuisement à l'intérieur de batardeaux.

Le système des pieux à vis a reçu quelques applications dans les terrains marécageux.

Mais les systèmes les plus répandus sont : les fondations par immer-

sion de béton sous l'eau, et surtout les fondations à l'air comprimé, particulièrement propres à surmonter les obstacles qui résultent du régime exceptionnel des grands fleuves. C'est à ce dernier système que les ingénieurs américains ont apporté le plus de modifications et d'améliorations (emploi de la drague pour l'extraction des déblais, désagrégation de ces déblais par l'eau et l'air comprimé, abaissement de l'écluse à air, et autres procédés qui ont permis de mener à bonne fin des fondations de grande étendue et très profondes).

Quel que soit celui de ces divers systèmes de fondations auquel on ait recours, un trait distinctif leur est commun ; c'est l'emploi du bois, tandis qu'en Europe l'emploi du fer a été jusqu'ici exclusivement adopté.

Souterrains.— La préoccupation constante des ingénieurs américains étant de réduire considérablement les dépenses de premier établissement et la période improductive de la construction, on conçoit qu'ils aient plutôt cherché à éviter les souterrains qu'à perfectionner les moyens de les construire. Ils n'ont percé de tunnels que pour traverser les contreforts qu'on était absolument impuissant à tourner, et ils les ont faits le plus courts possible.

Leurs procédés de percement sont empruntés à l'Europe. Presque toujours c'est par la partie supérieure du tunnel qu'ils commencent le percement, et le revêtement, quand la nature du terrain ne permet pas de s'en dispenser. Ce revêtement est souvent en bois ; cependant on en exécute aussi en maçonnerie.

Les puits d'extraction sont le plus souvent placés dans l'axe même du tunnel ; on en réduit le nombre depuis que les procédés d'alignement et d'extraction en galerie ont été perfectionnés.

L'abatage se fait à la poudre et à la dynamite. Les ingénieurs américains donnent plus de profondeur aux trous de mine. Suivant l'exemple donné en Europe, ils font un grand usage des perforatrices mécaniques; mais ils les construisent et les emploient différemment, avec un personnel moins nombreux et d'une façon plus économique, grâce aux dimensions plus grandes admises pour les galeries d'avancement.

Abris contre la neige. Clôtures. Passages à niveau.— Pour se garantir contre la neige, soit amoncelée par les vents, soit tombée verticalement, on a dû recourir fréquemment en Amérique, où, pour

une même latitude, le froid est bien plus rigoureux qu'en Europe, à divers systèmes d'abris variant suivant les cas.

Abris. Le meilleur préservatif contre les amoncellements de neige est le voisinage des forêts ou de hautes plantations : à leur défaut, on établit sur des lignes parallèles des écrans en bois, inclinés et à claire-voie, qu'on enlève pendant l'été.

Des toitures à inclinaison variable, constituées par de fortes charpentes, protègent la voie et les trains contre les avalanches.

Contre la chute naturelle et la charge verticale de la neige, on établit, au lieu d'écrans, des galeries couvertes, destinées dans le principe à abriter seulement les tranchées, mais qui se sont multipliées au point de devenir continues sur certaines sections de la voie.

Ces divers abris en bois ont exigé la création d'un service spécial, destiné à prévenir les incendies auxquels ils sont exposés.

Ajoutons que, dans les États du Nord et au Canada, on élargit la plate-forme, de manière à recevoir sur les côtés ou dans les fossés la neige repoussée par les appareils (chasse-neiges) que portent en hiver toutes les locomotives.

Clôtures. — Les chemins de fer américains ne sont pas clos aussi parfaitement et aussi rigoureusement que les chemins de fer européens. La question des clôtures de la voie est le plus souvent résolue au gré des Compagnies, auxquelles il n'est imposé, en général, aucune sujétion par les lois ou les cahiers des charges.

L'intérêt qu'ont les Compagnies à se garantir contre les réclamations d'indemnités, élevées par les propriétaires des bestiaux tués ou blessés sur la voie, est le motif puissant qui leur a fait établir, soit des fossés transversaux appelés *cattle-guards* (garde-bestiaux), soit des clôtures analogues aux nôtres (haies vives ou poteaux reliés par des lisses).

Passages à niveau. — La même liberté est laissée aux Compagnies en ce qui concerne les passages à niveau : elles ont droit, comme les localités traversées, d'en établir où bon leur semble; mais elles sont tenues de placer un écriteau d'avertissement au droit de chaque passage à niveau, de ralentir la marche des trains et d'annoncer leur approche par un coup de cloche ou de sifflet. On tend toutefois à faire quelques exceptions à cette règle de liberté complète, en introduisant

des règlements restrictifs pour les endroits où les populations se trouvent dans des conditions semblables à celles que l'on rencontre en Europe.

SUPERSTRUCTURE

Voie. — En Amérique, l'établissement de la voie est surtout rapide et économique. On ne songe à la rendre meilleure, achevée, parfaite, qu'au cours même de l'exploitation.

N'étant gênées ni par les règlements, ni par des préoccupations d'ordre politique ou militaire, les Compagnies de chemins de fer ont construit leurs lignes avec des voies de largeurs très diverses.

Entre la plus grande largeur, qui est de $1^m,83$, et la plus petite, de $0^m,763$, s'échelonnent les largeurs suivantes : $1^m,67$ — $1^m,52$ — $1^m,47$ — $1^m,45$ — $1^m,435$ — $1^m,06$ — $0^m,91$. La plus répandue est la voie de $1^m,435$, et, après elle, la voie étroite ($1^m,06$ et $0^m,91$).

Les ingénieurs américains, sans suivre à cet égard de règle précise, ont soin d'admettre dans les courbes le surécartement et le surhaussement des rails, ainsi que le raccordement avec les alignements droits.

Ils poussent très loin la réduction de l'entrevoie, et cela leur est possible, grâce au mode de construction particulier aux voitures américaines, qui ne présentent pas de portes latérales s'ouvrant en dehors.

En Amérique, on attribue au ballastage une importance bien moindre qu'en Europe. Sur les chemins de fer nouveaux, on trouve souvent les traverses simplement posées sur le sol naturel. Plus tard, on bourre la voie, et on établit 15 à 30 centimètres de ballast sous les traverses, mais sur une largeur relativement faible, de manière à ne pas enterrer les têtes des traverses.

Traverses. — L'écartement des traverses est, en revanche, beaucoup moindre que sur les chemins de fer d'Europe. Les ingénieurs américains ont cherché, dans la multiplication des traverses, le moyen de consolider la voie, d'augmenter la surface d'appui et de réduire la partie libre des rails, comme il convient de le faire, ainsi que l'ont

très judicieusement remarqué MM. Lavoinne et Pontzen, avec des rails légers et des essieux très chargés.

On emploie pour les traverses un grand nombre d'essences de bois qu'on trouve en abondance aux États-Unis et au Canada (chêne, sapin, mélèze, cèdre, cyprès, pin, mérisier, noyer, châtaignier, frêne, hêtre). Pour assurer la conservation des traverses on a recours, au besoin, à l'imprégnation des bois par un liquide antiseptique (huile de goudron, sulfate de cuivre), et l'on emploie pour cela les procédés usités en Europe et divers systèmes imaginés en Amérique.

Rails. — Les ingénieurs américains ont adopté, de préférence et presque exclusivement, le rail à patin, mais sous une forme plus trapue et plus légère que celle du rail analogue d'Europe. Suivant la tendance générale de l'augmentation de résistance de la voie et de celle des rails en particulier, on a augmenté le poids des rails en fer, et on les a remplacés peu à peu par des rails en acier.

Il n'y a rien de particulier à signaler touchant le mode d'attache et d'assemblage des rails (crampons, chevillettes, plaques d'appui, éclisses). On discute encore, en Amérique, comme en Europe, sur la position des joints, et l'on n'a pas établi, sur ce point, de règle fixe.

Les ingénieurs américains ont multiplié les études relatives aux changements et aux croisements de voies, aux plaques tournantes, aux chariots roulants, à la traversée des voies, ainsi qu'aux dispositions particulières (contre-rails, rails à ornière), que des circonstances locales (fortes courbes, passages dans les villes et les établissements industriels) motivaient impérieusement. Nous ne saurions, sans dépasser les limites de ce compte rendu, nous étendre davantage sur ces divers sujets, traités dans l'ouvrage de MM. Lavoinne et Pontzen de la façon la plus compétente et avec de nombreux et intéressants détails.

Transbordement. — Mais, malgré le cadre restreint où nous sommes renfermé dans cette analyse, nous insisterons un peu plus sur les installations de transbordement, à cause de l'intérêt que comporte cette question pour les divers chemins de fer à voie étroite qui sont actuellement construits en France.

Quand les marchandises venant de la voie étroite n'ont que quelques kilomètres à parcourir sur la voie normale, on évite en général le

transbordement par la pose d'un troisième rail entre les deux rails de la voie large.

Quand les différences entre les largeurs de voies qui se rencontrent sont faibles, on modifie légèrement les largeurs des voies dans le voisinage du point de jonction, de façon à diminuer l'écart ; et l'on donne aux bandages des roues un excédent de largeur. Ainsi, on évite encore le transbordement grâce à la possibilité de faire circuler les wagons sur les deux voies.

Quand le transbordement est inévitable, on le fait, soit en déchargeant et rechargeant les marchandises à bras d'hommes ou au moyen de grues, soit en transférant les caisses des wagons sur d'autres trucks.

Cet échange de caisses est facilité par le mode de construction particulier aux voitures américaines. Les caisses ne sont rattachées aux trucks que par une cheville ouvrière et deux chaînes de garde : ces chaînes une fois détachées, il suffit de soulever la caisse ou d'abaisser le truck pour rendre libre la cheville ouvrière ; et l'on peut alors remplacer le truck propre à la voie que l'on quitte par le truck correspondant à la voie que l'on va suivre.

Ce système de transbordement s'applique même aux voitures à voyageurs.

Divers procédés ont été imaginés pour opérer le changement des trucks. Dans le système Ramsay, on n'a recours à aucune installation mécanique pour soulever les caisses ou pour abaisser et remonter successivement les trucks ; mais l'opération est délicate et assez longue.

En général, on soulève les caisses au moyen de poutres ou de bras, qu'on avance sous les wagons, et qui sont portés par des verrins mus par une machine à vapeur.

Sur le chemin de fer de l'Érié, on emploie sur une grande échelle les plaques tournantes dans les appareils de transbordement. M. O. Chanute a installé une disposition qui permet de soulever simultanément deux caisses de wagons et d'opérer l'échange immédiat des trucks.

Les grues et autres appareils analogues sont peu répandus dans les gares américaines, où l'on s'attache principalement, quand les procédés expéditifs de changement de trucks ne sont pas appliqués, à approprier à la nature des matières transportées les moyens de les charger et de les décharger.

Pour les charbons, par exemple, ainsi que pour les minerais, le déchargement et le chargement s'opèrent en même temps, grâce à la construction spéciale des wagons, qui sont munis de clapets de fond ou de parois latérales mobiles, et à la différence de niveau qu'on établit entre les voies d'arrivée et les voies de réexpédition.

Pour les grains, on dispose dans les gares de vastes réservoirs, dans lesquels on les emmagasine à l'aide de chaînes à godets qui les enlèvent des wagons et aussi des bateaux (car cette installation n'est pas seulement établie pour le transbordement de wagon à wagon). — Ces réservoirs sont munis de trémies dont le fond vient s'ouvrir au-dessus des wagons placés sur la voie de réexpédition.

Le pétrole subit également un emmagasinage avant son chargement, lequel se fait au moyen de tuyaux débouchant dans les chaudières horizontales ou dans les cuves en tôles, que portent les wagons affectés à ce transport spécial.

D'après ce qui précède, on comprend qu'il n'est pas possible d'établir en général un prix moyen de transbordement. Disons seulement que l'évaluation des frais varie beaucoup suivant la source d'où elle émane. Le colonel Hulbert estime ces frais à 0 fr. 25 par tonne quand il s'agit de colis ; dans les mêmes conditions, les ingénieurs du Western-Maryland-Railroad les estiment à 0 fr. 50 dans le cas d'une opération directe et à 1 fr. 75 dans le cas d'un emmagasinage intermédiaire. Ils évaluent à 0 fr. 30 le prix moyen du transbordement par changement de trucks. Enfin M. Sickels donne le chiffre de 1 franc pour le transbordement d'une tonne de marchandises fait à bras d'hommes.

Remarquons, avec MM. Lavoinne et Pontzen, qu'il y aurait lieu de réduire ces chiffres de 40 à 50 pour 100, si on voulait les comparer aux frais de transbordement sur les chemins de fer français, par suite de la cherté de la main-d'œuvre dont le prix est beaucoup plus élevé en Amérique qu'en Europe.

Gares et stations, signaux. — *Stations.* — Il n'y a pas, en Amérique, de types de stations bien arrêtés. On les approprie le mieux possible aux exigences du trafic et aux besoins des localités traversées. Leur caractère principal est la simplicité, ainsi que la liberté d'accès laissée aux piétons et aux voitures. Il semble que ce soient des

installations provisoires, à part quelques exceptions que fournissent les gares récemment construites dans les grandes villes de l'Est.

La plupart des stations ont été primitivement établies dans des pays presque déserts, et leur aménagement n'a d'ailleurs que peu d'importance pour les voyageurs, qui ne font guère que les traverser rapidement.

Aussi n'est-ce que longtemps après la mise en exploitation, et après bien des ajournements, que les Compagnies se décident à améliorer et à embellir leurs stations, et le public admet très bien cet état de choses.

Un simple bâtiment est affecté d'ordinaire au service des voyageurs et des bagages; on y adjoint, quand la station est loin des centres habités, un buffet ou restaurant, qui occupe une aile de ce bâtiment ou un emplacement voisin.

Pour le service des marchandises, on se contente de hangars économiques en bois qu'on peut facilement déplacer ou agrandir, et sous lesquels on accorde vingt-quatre heures de dépôt en franchise.

Un autre trait caractéristique des stations américaines consiste dans l'absence des plaques tournantes et dans le grand nombre de changements de voie, intercalés dans les voies de garage pour faciliter les mouvements. Ces mouvements sont exécutés, soit à bras d'homme, soit à l'aide de chevaux, soit au moyen de petites locomotives spéciales.

L'espacement des stations est naturellement très variable, et dépend de la densité de la population.

Entre les stations proprement dites sont interposées des haltes, soit pour l'alimentation des machines en eau ou en combustible, soit pour la montée et la descente des voyageurs.

Mais c'est surtout par des exemples qu'on peut donner une idée des dispositions très diverses que présentent les stations américaines, petites, moyennes ou grandes. Aussi MM. Lavoinne et Pontzen ont-ils eu soin d'en décrire un grand nombre et de fournir des détails sur le service qui se fait dans chacune d'elles.

Après cette description vient celle de quelques hôtels de gare et de diverses installations pour le service des marchandises, pour le service de l'entretien et de la traction et pour le service de l'eau et du combustible; enfin celle de quelques ateliers de réparations,

comme en possèdent même les plus petites lignes de chemins de fer.

Signaux. — L'organisation des signaux varie beaucoup en Amérique suivant l'importance des lignes. On y attache, en général, peu d'intérêt, contrairement aux habitudes européennes ; et l'on compte surtout, pour diminuer les dangers qui peuvent résulter de l'imperfection des signaux, sur l'action de freins continus et énergiques.

Il y a cependant quelques lignes dont l'organisation, à ce point de vue, peut soutenir la comparaison avec celle des chemins de fer européens.

Outre les signaux fixes, les signaux sémaphoriques, les signaux à distance, les signaux automatiques et les appareils Saxby et Farmer, il faut citer les signaux pour croisements de voie, dont l'utilité est plus grande en Amérique que partout ailleurs. Rappelons enfin que les ingénieurs américains étudient cette question avec un grand soin depuis quelques années, et qu'ils cherchent non seulement dans l'électricité, mais encore dans l'air comprimé, un moyen pratique de manœuvrer les signaux.

Ici se termine, à proprement parler, la première partie de l'ouvrage dont nous avons à rendre compte. Les auteurs l'ont complétée par un chapitre sur le **prix de revient**.

Mais ce chapitre consiste plutôt en tableaux qu'il faut lire qu'en développements susceptibles d'analyse. En effet, par suite de la grande variation de prix des éléments dont se compose le coût d'établissement des chemins de fer (matériaux, bois, pierre, métaux, intérêts des capitaux et surtout main-d'œuvre), et aussi à cause de la grande diversité des situations dans lesquelles les lignes sont livrées à l'exploitation, il est réellement impossible d'établir une comparaison générale, à ce point de vue, soit entre les lignes américaines et les lignes françaises, soit entre les différents chemins de fer américains eux-mêmes.

Quant à la décomposition de la dépense kilométrique totale entre les divers éléments du prix de revient, elle est analogue à celle qui est

ordinairement admise en Europe, et elle s'établit, en général, de la manière suivante :

Indemnités de terrains et dommages;
Terrassements et maçonnerie;
Ponts (ouvrages d'art);
Superstructure (voie et appareils);
Stations;
Matériel roulant;
Frais généraux.

EXPLOITATION

Sous le titre général *d'exploitation* se trouvent comprises les diverses branches de l'étude des voies ferrées, qui ont trait au *matériel*, à l'*exploitation technique*, à *l'exploitation commerciale* et *au régime des chemins de fer*.

Dans une dernière partie, dont la rubrique est inscrite comme sous-titre à ce second volume, et qui clôt leur remarquable ouvrage, les auteurs se sont livrés à une étude spéciale des conditions d'établissement et d'exploitation des *chemins de fer à voie étroite* et des *chemins de fer dans les villes*.

MATÉRIEL DE TRANSPORT

Voitures et wagons. — Les *caractères généraux* du matériel américain sont : la grande longueur des wagons et leur suspension sur deux trucks articulés.

C'est en 1838 qu'on imagina de placer un truck articulé à l'avant-train des locomotives. Du matériel de traction l'application s'étendit au matériel de transport.

L'emploi du double truck et celui de longues voitures qui en découle, ont eu de nombreuses et heureuses conséquences. Il en est résulté : d'abord une disposition plus rationnelle des attelages, par suite de la concentration sur l'axe même de chaque wagon des appareils de choc et de traction, puis la possibilité d'accrocher et de décrocher les wagons en pleine marche, enfin une plus facile inscription dans les courbes, et par conséquent une atténuation de l'effet des inégalités de la voie.

La disposition adoptée pour donner accès dans les voitures, qui consiste en deux entrées placées aux extrémités, a permis de supprimer les marchepieds latéraux et les compartiments transversaux, d'établir une libre circulation d'un bout à l'autre du train, et de donner à l'in-

térieur du wagon une plus grande largeur. De là des installations d'aménagement intérieur bien plus confortables et la possibilité de résoudre plus pratiquement les questions d'éclairage, de chauffage et de ventilation ; ce qui était rendu nécessaire en Amérique par le séjour prolongé que les voyageurs ont souvent à faire dans les wagons. Certains trains avec leurs salons, leurs wagons-lits, leurs wagons-restaurants, etc., sont de véritables hôtels.

Tels sont, pour les voitures à voyageurs, les avantages du double-truck. Ils sont moins nombreux et moins importants pour les wagons à marchandises dans lesquels on a dû conserver les portes latérales : aussi a-t-on maintenu, pour ce service, un certain nombre de wagons à quatre roues, tout en les appropriant à la nature particulière des transports.

Les avantages que nous venons d'énumérer et auxquels il faut ajouter l'uniformité dans les éléments et l'accroissement de capacité et de résistance, ne sont pas sans être compensés par des inconvénients qu'il ne serait pas juste de passer sous silence.

Dans le matériel américain, les charges par essieu sont considérables ; la grande augmentation du poids des voitures conduit à augmenter le poids des locomotives ; elle facilite la dégradation de la voie, et cause l'usure plus rapide des rails : enfin le poids mort des voitures américaines, surtout des voitures à voyageurs et des wagons de luxe, est très considérable par rapport au poids utile, beaucoup plus qu'en France et en Angleterre.

En principe, les Compagnies américaines n'admettent qu'une seule catégorie de wagons, afin de ne pas heurter le sentiment égalitaire, si vivace dans la grande République du Nouveau-Monde.

Mais comme la démocratie des États-Unis, tout en rejetant les distinctions de classes, souffre très bien l'inégalité des fortunes, on a pu faire à ce principe des exceptions nécessitées par le double besoin de satisfaire la clientèle riche et de pouvoir transporter à bon compte les voyageurs indigents et les immigrants.

Aussi, en dehors des voitures à voyageurs ordinaires (passenger cars), il existe des voitures d'immigrants (immigrant's cars), des wagons-lits et des wagons-salons.

Voitures à voyageurs. — Les voitures américaines, n'ont pas de compartiments transversaux, de part et d'autre du couloir central,

sont disposés les sièges. En général, le dossier est réversible et placé par le conducteur de telle sorte que les voyageurs assis soient tournés vers l'avant du train, leur largeur est de 1 mètre ou $0^m,92$, pour deux voyageurs : cette faible dimension et le peu de hauteur des dossiers ne les rendent pas très commodes.

La hauteur intérieure des wagons est assez grande ; les traverses du toit sont cintrées ; et, de plus, la partie centrale, au-dessus du couloir, est surélevée en forme de lanterne sur toute la longueur, et présente des carreaux fixes et des panneaux mobiles.

Les parois latérales des wagons sont construites solidement : on profite de leur épaisseur pour mettre aux fenêtres des doubles glaces, des persiennes remplaçant nos rideaux et un châssis portant une fine toile métallique, à l'aide de laquelle on se préserve de la poussière quand on a abaissé les doubles glaces. — Ce système de doubles parois s'applique également au plancher de la caisse. On obtient ainsi une température intérieure plus constante et une rigidité qui rend l'entretien du matériel moins coûteux, et qui diminue la gravité des accidents en cas de collision de trains.

A chaque extrémité de la voiture est une plate-forme à marchepied, souvent munie d'un tablier mobile, facilitant le passage d'une voiture à l'autre. Une corde de communication, placée à l'intérieur des wagons, les met tous en rapport avec le mécanicien, et les voyageurs, aussi bien que les conducteurs, peuvent correspondre avec lui.

Éclairage. — L'éclairage se fait soit au moyen de lampes à huile minérale, soit au moyen de bougies, soit au moyen de gaz de houille ou de pétrole.

M. Westinghouse a imaginé de faire servir l'air comprimé, qui actionne ses freins continus, à fabriquer le gaz nécessaire à l'éclairage. De cette façon, il n'y a plus besoin de lampes à huile de réserve, pour le cas où les voitures passent sur des lignes où l'on ne trouve pas les installations que nécessite la fabrication du gaz.

Ventilation et chauffage. — Tous les ingénieurs américains s'accordent à combiner le chauffage et la ventilation ; et, sur ce dernier point notamment, ils ont obtenu des résultats supérieurs à ceux qu'on peut constater sur les chemins de fer européens. Ils admettent en principe qu'une voiture à voyageurs de 70 mètres cubes de capacité doit

recevoir par minute 28 mètres cubes au moins d'air pur préalablement chauffé en hiver. C'est par aspiration qu'on enlève l'air vicié. On adapte pour cela aux faces extrêmes de la lanterne centrale des clapets ou persiennes, des châssis mobiles. On a aussi appliqué contre les fenêtres des palettes mobiles extérieures et revêtu la lanterne centrale d'une double couverture évasée à l'avant et à l'arrière.

Pour le chauffage, on s'est d'abord contenté d'un poêle d'angle en fonte, puis on en a installé deux ; enfin on a établi un poêle central où la combustion se fait par l'air vicié : l'air pur, aspiré par des tuyaux, s'échauffe, avant de pénétrer dans la voiture, dans une enveloppe adaptée au poêle.

M. Baker a imaginé un système de chauffage à l'eau chaude. D'un poêle d'angle part une conduite remplie d'eau, longeant la voiture et passant sous chaque siège, puis revenant au poêle.

Sur le chemin de fer pennsylvanien on a, pour tout le train, un foyer unique, constitué par une machine à vapeur et sa chaudière ; les conduites d'eau chaude sont assemblées d'une voiture à l'autre au moyen de tuyaux à articulation. Une pompe foulante produit la circulation de l'eau.

Toutes les voitures américaines sont munies d'un cabinet d'aisance et d'une fontaine d'eau fraîche.

Attelages. — Les attelages et les tampons sont placés dans l'axe des voitures. Cette coïncidence, qui a ses avantages, rend la construction un peu plus difficile. Dans d'autres cas le tampon et l'attelage sont combinés en une seule pièce : quelquefois le tampon est superposé à l'attelage. L'appareil d'attelage classique consiste en un chaînon qui pénètre dans des entailles ménagées dans des pièces formant tête d'attelage, et où il est fixé par des goujons. La tige d'attelage et celle du tampon sont reliées à la charpente du wagon par l'intermédiaire de ressorts en acier ou en caoutchouc.

Après le système d'attelage par chaînons et goujons sont venus les attelages automatiques : les systèmes Barker et Whitefort permettent d'accrocher les wagons en les poussant simplement les uns contre les autres, mais exigent pour le décrochage l'interposition des hommes d'équipe entre les wagons. Avec les systèmes Mac-Nabb et Miller on évite cette interposition. Le système Janney se distingue des précédents en ce qu'il est à deux tampons. L'accrochage se produit en exerçant

une forte pression sur les tampons : le décrochage se fait au moyen de leviers placés sur la plate-forme comme dans le système Miller.

Trucks. — Chaque caisse repose sur deux trucks à deux essieux, et le châssis du wagon est indépendant du châssis dans lequel sont pris les essieux. Cette disposition permet aux voitures de passer plus aisément dans les courbes et amortit les chocs avant qu'ils soient transmis à la caisse du wagon.

Le châssis de la caisse est assemblé avec chacun des trucks au moyen d'une cheville ouvrière pivotant dans une crapaudine que porte la traverse maîtresse du truck.

Les chocs sont atténués, avant d'être transmis au châssis du truck, au moyen de tampons munis de ressorts en acier combiné avec le caoutchouc ; ils le sont encore, avant d'être transmis à la caisse des wagons, par suite de l'interposition entre celle-ci et le châssis du truck d'un autre système de ressorts formant coussin.

Il y a des trucks à trois essieux employés pour des voitures spéciales, afin de ne pas dépasser la limite de charge considérée comme admissible par essieu de wagon.

Les *ressorts* employés dans les voitures américaines sont de trois sortes : les ressorts elliptiques à feuilles d'acier superposées ; les ressorts à boudin ou à volute, formés soit d'une seule spirale, soit de plusieurs juxtaposées ou emboîtées l'une dans l'autre ; les ressorts en caoutchouc.

Les voitures américaines portent un nombre de ressorts bien plus considérable que celui des voitures européennes. Le rapport de ces nombres varie entre 6 à 1, 8 à 1 et 9 à 1. On obtient ainsi une suspension meilleure, qui adoucit les trépidations, réduit les chances de rupture de ressort et atténue les conséquences de cette rupture.

Les *boîtes à graisse* et les *coussinets*, les *essieux* et les *fusées*, qui sont en usage sur les voitures américaines, sont très variés, mais ne présentent pas de différences notables avec les appareils analogues qu'on emploie en Europe. On a fait cependant, en Amérique, quelques tentatives pour construire des essieux à roues indépendantes. Mais les systèmes proposés (Militmore et Harrisson), tout en diminuant les résistances à la traction et bien que ne présentant pas les dangers habituels des roues folles, ne se sont pas répandus, à cause de leur construction compliquée et de leur prix élevé.

Roues. — Les ingénieurs américains ont adopté presque exclusivement l'emploi des roues en fonte coulées en coquille.

La bonne qualité des minerais, les perfectionnements introduits dans la fabrication ont permis de faire supporter par des roues en fonte, dont le diamètre est souvent inférieur à celui des roues de nos voitures européennes, des wagons plus lourds que les nôtres, sur des voies moins bien entretenues, dans les trains les plus rapides aussi bien que dans les plus lents, et cela, sans qu'on ait eu à déplorer, au point de vue de la sécurité, les inconvénients qu'on semble redouter si fort en Europe.

MM. Lavoinne et Pontzen donnent dans leur ouvrage des détails très intéressants sur la fabrication des roues en fonte et sur les divers établissements où l'on pratique cette industrie. Nous ne pouvons ici que les mentionner, et citer l'usage que fait la Compagnie des Pullman Cars de roues en papier, plus élastiques et moins sonores.

Voitures de luxe. — En faisant varier les usages spéciaux des voitures, les compagnies américaines ont pu, sans paraître déroger au principe d'après lequel elles n'admettent qu'une seule classe de voitures, construire des wagons que leur installation, comme confort et comme luxe, rend souvent supérieurs aux wagons européens.

Dans les wagons-salons, chaque voyageur à son siège. La plupart des sièges sont montés sur un pivot vertical et on peut les placer dans une direction quelconque. D'autres sont fixés contre les parois ou dans les angles. Souvent on établit dans ces wagons des coupés isolés, destinés à recevoir des sociétés de plusieurs personnes.

Les wagons-lits, dont l'usage a pris, en Amérique, à cause de la grande durée des parcours, une extension considérable, ne datent guère que de 1859. Mais leur construction a été l'objet, depuis cette époque, d'un grand nombre de perfectionnements dont la plupart sont dus à M. G. Pullman, de Chicago. On comprend facilement que le mode de suspension des caisses et leur grande longueur aient permis de réaliser, en Amérique, des installations bien plus avantageuses que celles qu'on rencontre dans les voitures correspondantes des lignes européennes.

Voitures à usages spéciaux. — On peut à la rigueur se dispenser des

wagons-salons et des wagons-lits, qui sont de véritables voitures de luxe. Mais il est d'autres voitures qui répondent à des nécessités urgentes et dont l'usage est, en Amérique, indispensable.

Tels sont : les wagons-salles à manger, qui sont généralement supportés par des trucks à six roues leur assurant plus de stabilité, et qui parcourent les lignes où l'on n'a pas créé de stations-buffets ; les wagons-table-d'hôte introduits dans les trains express de New-York à Chicago.

Citons ensuite : la voiture-bureau ; les voitures pour le service des postes ; les wagons du personnel, (caboose-car), destinés aux agents des trains de marchandise ; enfin les wagons pour bagages et pour messageries.

Wagons à marchandises. — Comme les premières voitures pour voyageurs, les wagons à marchandises étaient autrefois montés sur quatre roues. Mais ils ont subi à leur tour les mêmes modifications, et, sauf pour les wagons à charbons de quelques chemins de fer, le système de suspension sur les trucks pivotants leur est aujourd'hui généralement appliqué.

Leur poids propre a ainsi augmenté ; mais en même temps on a accru leur capacité et leur charge utile. Sur certaines lignes il existe des wagons à marchandises qui, vides, pèsent 10 à 11 tonnes et qui portent jusqu'à 20 tonnes.

Le trafic considérable de certains produits et de certaines marchandises a amené à approprier à leur transport différents types de wagons. Tels sont : les wagons à charbon et à minerai, qui sont à clapets de fond ou à bascule, de manière à pouvoir se déverser latéralement ; les wagons à grains, dont les portes latérales, en général doubles, font pour le déchargement, office de vannes ; les wagons à pétrole, consistant en une chaudière horizontale ou en plusieurs cuves verticales ; les wagons à bestiaux, généralement à claire-voie ; les wagons à fruit et à lait, qui sont munis de tablettes destinées à recevoir les paniers et les brocs ; les wagons-réfrigérants, affectés surtout au transport de la viande fraîche à grande distance ; enfin les wagons à chaux, qui, d'ordinaire, n'ont que deux essieux.

Pour les marchandises ordinaires, on se sert le plus souvent, en Amérique, de wagons couverts ; on ne transporte guère en wagons découverts que les matières ne craignant ni la pluie, ni la gelée, les

ingénieurs américains employant rarement les wagons ouverts abrités par des bâches en toile goudronnée.

La substitution du fer au bois, dans la construction des wagons, est plus fréquente pour les wagons à marchandises que pour les voitures à voyageurs. Certains wagons à charbon sont complètement en fer.

Les Américains donnent aux châssis des wagons à marchandises une grande solidité, de manière qu'ils puissent résister aux nombreux chocs résultant du démarrage, de l'arrêt, de la vitesse inégale de la marche et aussi de l'accrochage, qui se fait, pour certains wagons, en les abandonnant à eux-mêmes sur de fortes pentes.

Les trucks sont construits d'après les mêmes principes que ceux des voitures à voyageurs; mais leurs éléments sont plus robustes. Les attelages sont plus simples et n'ont qu'un faible jeu. De part et d'autre de l'attelage, on place souvent des tampons de garde, pour que les barres d'attelage ne souffrent pas trop des chocs violents.

En résumé, si l'on compare les voitures américaines aux voitures françaises, on peut dire : pour les voitures à voyageurs, qu'elles sont, aux États-Unis, plus hautes et contiennent plus de monde, mais qu'elles sont plus légères en France ; que, pour les wagons à marchandises, le surcroît de poids du matériel américain s'accentue encore davantage par suite de la difficulté d'utiliser la grande capacité des voitures et à cause de la nécessité d'une construction plus robuste.

Quant au prix des voitures, il varie, en Amérique :

1° entre 360 et 410 francs par siège pour les voitures à voyageurs ordinaires;

2° et entre 2.500 et 7.290 francs par voyageur pour les voitures de luxe.

Pour les wagons la dépense varie dans les limites suivantes :

1° à 220 francs par tonne de chargement pour les wagons couverts;

2° 143 et 162 francs par tonne de chargement pour les wagons à charbon à 8 roues;

3° 184 francs par tonne de chargement pour les wagons à charbon à 4 roues.

Locomotives et tenders.— Depuis l'année 1829, où M. H. Allen

introduisit en Amérique la première locomotive, ces machines y ont passé par de nombreuses phases d'amélioration.

En 1831, les chaudières horizontales remplacent les chaudières verticales.

Jusqu'en 1832 la locomotive américaine ne se distingue guère de la locomotive européenne. A cette époque, l'adoption du truck articulé ouvre une voie nouvelle. L'année suivante Baldwin construit la première machine avec cylindres horizontaux.

De 1832 à 1840, les ingénieurs des États-Unis, et surtout Baldwin et Rogers, réalisent les perfectionnements suivants: accroissement de la pression effective de 4 à 9 atmosphères; — substitution du fer au bois dans les châssis; — disposition des cylindres sous la boîte à fumée; — introduction des balanciers pour l'égalisation des charges.

En 1835, Baldwin construit le type *Américan*, à deux essieux moteurs et avant-train mobile. En 1844, le fer est substitué au cuivre pour la construction des tubes. En 1848, on aborde la construction des machines à grande vitesse. En 1850, paraissent les locomotives à 3 essieux accouplés, puis à 8 roues accouplées, sans avant-train. En 1854, Ross Wynans construit une locomotive à 8 roues accouplées et à avant-train à 4 roues.

En 1857, le train Bissel est introduit sous le nom de *pony-truck* dans les machines à 6 roues accouplées; dans le même temps, la coulisse Stephenson se généralise en Amérique. A la même époque, on voit se répandre l'invention de Smith, consistant dans l'extension de la boîte à feu, et l'emploi de l'acier dans la construction des locomotives.

Depuis environ vingt ans les machines américaines n'ont plus subi de modifications essentielles; elles se rattachent à trois types principaux, dont les dispositions de détail seules varient avec les exigences du trafic :

Le type *Américan*, cité plus haut, à quatre roues motrices et avant train à 2 essieux.

Le type *Mogul*, à six roues accouplées et pony-truck antérieur.

Le type *Consolidation*, à huit roues accouplées et pony-truck antérieur.

Nous allons maintenant indiquer, dans une revue rapide des divers

éléments de la machine américaine, ce qui la distingue des locomotives européennes.

Le véhicule de la locomotive américaine doit sa flexibilité et sa stabilité à l'emploi de l'avant-train articulé, ou truck mobile, et surtout à celui des balanciers qui égalisent les charges agissant sur les roues motrices et réalisent entre ces roues et celles du truck une répartition constante des charges.

Le châssis présente, aux États-Unis, plus d'épaisseur que de hauteur; il porte un prolongement au delà de la face antérieure des cylindres, poitrail auquel est fixé l'appareil dit *cow-catcher* (chasse-vaches), destiné à repousser les blocs de pierre et les bestiaux qui lui feraient obstacle.

Si les essieux ressemblent assez aux nôtres, il n'en est pas de même des roues qui sont en fonte en coquille pour les avant-trains et quelquefois même pour les roues motrices; généralement, dans ces dernières, le bandage est en acier, les rais et la jante en fonte.

Les cylindres sont placés, extérieurement et symétriquement, sur la partie antérieure du châssis; leur axe est à peu près horizontal; le corps des pistons est en fonte, les segments sont en bronze doublé de métal blanc.

Le cuivre est maintenant exclu de la construction des boîtes à feu et des chaudières. Les boîtes à feu sont d'une plus grande longueur et d'une plus grande largeur; les tubes sont moins longs et moins nombreux; l'enveloppe extérieure de la chaudière a un diamètre plus petit qu'en Europe.

Les grilles ont aussi de grandes dimensions. Si le combustible dont on se sert est du bois ou de la houille, les barres sont en fonte; si c'est de l'anthracite ou de la houille maigre, elles consistent en tubes creux dans lesquels circule de l'eau.

La boîte à fumée repose sur les cylindres, dont les tuyaux d'échappement viennent déboucher séparément dans cette boîte, où l'on place parfois les appareils garde-étincelles, qu'on loge aussi dans la cheminée.

L'alimentation est assurée au moyen de l'injecteur; mais les machines américaines portent encore des pompes.

Les soupapes de sûreté sont construites de façon que la vapeur qui les soulève ne soit pas prise à proximité de l'orifice démasqué; on évite ainsi les intermittences d'ouverture et de fermeture qui se pro-

duisent parfois, avant que la pression de la vapeur l'emporte sur celle du ressort.

Contrairement à l'usage européen, les locomotives américaines ont toutes une cabine (*cab*) pour le mécanicien.

En dehors des trois types principaux que nous avons cités se placent les locomotives à grande vitesse, qu'on construit seulement depuis quelques années, et les locomotives-tenders appropriées au service des gares.

Les tenders américains ont, d'ordinaire, une plus grande capacité que ceux d'Europe, à puissance égale de machine, à cause du grand espacement des prises d'eau sur les lignes. Les tenders sont le plus souvent montés sur deux trucks, différant peu de ceux des wagons, et généralement tous deux munis de freins.

Le prix des locomotives et tenders est notablement inférieur à celui des machines d'Europe; et, comme elles n'exigent, malgré les longs parcours qu'elles fournissent, que de faibles frais d'entretien, on doit reconnaître que ce bon marché n'est pas obtenu aux dépens de la qualité. Il est dû, d'après MM. Lavoinne et Pontzen, à la substitution du fer au cuivre pour les tubes, de l'acier au cuivre pour les boîtes à feu, de la fonte au fer pour les roues et bandages, et aussi au nombre restreint de modèles qu'on a eu à adopter dans chaque usine.

Freins. Appareils enregistreurs.— Dès l'origine, les ingénieurs des chemins de fer d'Amérique ont pourvu de freins tous les tenders, toutes les voitures à voyageurs et un grand nombre de wagons à marchandises, tant ils ont reconnu la nécessité, sur leurs voies où la surveillance et l'entretien laissent relativement beaucoup à désirer, de disposer de moyens puissants et nombreux de modérer et de détruire la vitesse des trains.

Les premiers freins furent des freins à main, et on en rencontre encore beaucoup, surtout sur les wagons à marchandises. Les sabots des freins sont généralement en fonte, ils s'appliquent aux roues : cependant on peut citer des freins à patins sur quelques lignes à fortes pentes.

Toutes les voitures à voyageurs étant munies de freins, l'idée de les relier tous entre eux suscita, dès 1852, des essais de freins continus, mis simultanément en jeu par le mécanicien lui-même.

Les premiers freins continus n'étaient ni instantanés, ni automatiques, ni modérables.— Pour obtenir ces qualités, on essaya différents moyens de transmission : les ressorts Creamer, l'eau sous pression, l'électricité et enfin l'air comprimé ou raréfié.

C'est ce dernier système qui, en Amérique comme en Europe, a prévalu. Avec les différents freins à vide, Smith, Eames, Empire, on obtient une action rapide, qu'on peut répéter fréquemment, mais non automatique.

Les systèmes de freins à air comprimé appliqués d'abord sur les lignes américaines, le frein Loughridge et le frein Westinghouse primitif, ne possédaient pas non plus l'automaticité. Mais les transformations du frein Westinghouse, et les perfectionnements qu'il a subis depuis 1873, ayant eu pour résultat d'en rendre l'action à la fois automatique et sensiblement simultanée sur toute la longueur du train, l'ont fait appliquer sur un grand nombre de lignes ; et il était, en 1878, adopté par 119 Compagnies exploitant plus de 8.000 kilomètres de chemins de fer.

Les essais comparatifs entrepris sur les freins continus ont donné naissance à l'Enregistreur de M. Westinghouse, le plus remarquable des appareils destinés à contrôler la marche des trains. Après cet appareil ceux de M. Wythe et de M. Kettell sont assez répandus en Amérique, mais ne donnent pas directement la vitesse comme le précédent.

Pour l'examen de la voie, on emploie fréquemment l'appareil inventé par M. Pitcairn, et le Dynagraphe Dudley, qui enregistre à la fois toutes les circonstances du parcours des trains, les variations des efforts de traction comme les inégalités de la voie, et les totalise pour un parcours donné.

Bacs à vapeur.— L'impossibilité, dans certains cas, et souvent la grande difficulté, technique ou financière, d'établir des ponts sur des cours d'eau trop larges ou trop profonds, ont amené les Américains, qui se préoccupent surtout de faire des économies de temps et d'argent, à établir de nombreux services de bacs à vapeur ou *ferry-boats*, destinés à porter des trains avec ou sans locomotive.

Tels sont : les bacs de Jersey-City, de Détroit et du Sacramento, et les nombreux ferry-boats traversant la baie intérieure dont le port de

San-Francisco occupe l'entrée et mettant cette ville en communication avec les diverses voies ferrées qui aboutissent aux autres ports de la baie.

EXPLOITATION TECHNIQUE

Organisation des services.— La liberté complète dont jouissent en Amérique les Compagnies de chemins de fer, la variété des conditions dans lesquelles elles se forment et se développent, font qu'on y rencontre les organisations les plus différentes.

Nous ne pouvons qu'indiquer les caractères généraux de cette organisation, et particulièrement ceux qui la distinguent de l'organisation habituelle en France ; ce sont d'abord : l'unité et l'énergie de direction, la permanence de l'Administration, et la concentration, entre les mains des membres du conseil d'administration ou de surveillance, du contrôle et de l'administration directoriale.

Une grande importance est donnée aux services commerciaux et financiers, parce que les Compagnies américaines se considérent surtout comme faisant des entreprises financières et commerciales, ont en portefeuille les actions et obligations d'autres Compagnies sur lesquelles elles spéculent, et font de grandes opérations de commerce sur les concessions de terres.

L'organisation des services techniques a ceci de remarquable qu'elle laisse une large place à l'initiative des agents, dont la responsabilité est en raison directe de leur liberté et se trouve engagée directement et personnellement vis à vis du public.

Le service de comptabilité est le seul qui soit fortement centralisé, et il l'est d'une façon excessive. Sur presque tous les réseaux les comptes sont tous vérifiés au siège social et payés par un agent unique, qui parcourt à cet effet les lignes de la Compagnie avec son wagon spécial. Il en résulte dans le fonctionnement de ce service une lenteur qui contraste avec la promptitude de l'expédition des affaires courantes, lesquelles se traitent très souvent de vive voix ou par dépêche télégraphique.

Le recrutement des employés supérieurs se fait généralement parmi les ingénieurs sortis des écoles ou parmi les employés ayant fait toute leur carrière dans la Compagnie.

Le personnel inférieur se recrute, et peut être congédié, à volonté. Des sociétés de secours mutuels et d'assistance viennent en aide aux employés malheureux. Certaines Compagnies ont des hôpitaux. Citons aussi les associations où sont débattues les questions intéressant les services spéciaux et où les employés peuvent compléter leur instruction, telles que l'association des maitres-mécaniciens et celle des constructeurs de wagons.

Le nombre total des employés dans chaque Compagnie est plus faible qu'en France. Chez nous, il est de 8,56 par kilomètre, en Amérique il varie de 4 à 6.

Entretien et surveillance de la voie.— Le service de la surveillance de la voie est fort simplifié en Amérique, parce que les Compagnies n'ont à se préoccuper que de la sécurité des trains, tandis qu'en Europe elles ont, en outre, à veiller à la sûreté du public partout où il peut accéder sur la voie. Aussi le personnel de ce service est assez peu nombreux et concentré spécialement sur la surveillance des ouvrages d'art, hauts remblais, tranchées à talus instables, et souterrains.

Mais le service de l'entretien de la voie est plus compliqué que chez nous, parce qu'on lui fait supporter des travaux qui, en Europe, sont rattachés au premier établissement de la voie, tels que le ballastage, l'élargissement et l'assainissement de la voie, les terrassements et remblais définitifs.

Le peu de durée des traverses et leur remplacement fréquent contribuent aussi à charger le service de l'entretien. La substitution de l'acier au fer a heureusement rendu moins nombreux les besoins de réparations des rails et diminué de ce chef les frais d'entretien, que vient encore augmenter la nécessité, imposée par la rigueur du climat, de munir les traverses de cales spéciales et d'adapter aux locomotives des appareils peu usités chez nous, (chasse-neige, tranche-glace, etc.).

Traction. — De tous les services, le plus important est celui de la traction. C'est là qu'on voit réalisées le plus d'améliorations et d'économies, grâce au zèle et à l'intelligence du personnel, qu'on ne cesse de stimuler ; et l'on a obtenu des résultats bien supérieurs à ceux que présentent, à ce point de vue, les services européens.

Le service continu et le maintien en feu des locomotives, le plus

longtemps possible, produisent une meilleure utilisation du combustible et aussi de la machine tout en diminuant les frais d'entretien. Le parcours moyen annuel des locomotives, ainsi que celui du reste du matériel de transport, atteint un chiffre bien plus élevé que celui qu'on obtient en Europe. Celui des machines varie de 42.000 à 54.000 kilomètres : en France, il est d'environ 25.000 kilomètres.

Des primes importantes amènent le personnel à user non seulement moins de houille, mais aussi moins d'huile, de graisse, de déchets, etc. Enfin les ingénieurs apportent le plus grand soin à régler la charge des trains de manière à tirer le meilleur parti possible de la force de traction de chaque locomotive.

Mouvement. — Le service du mouvement est organisé en Amérique d'une manière très différente du mode européen ; et cela tient à ce que, le personnel sédentaire étant très restreint et le nombre des signaux peu élevé, c'est au personnel des trains mêmes qu'incombe le soin d'assurer la sécurité de la marche.

Ainsi les chefs de gare ne s'occupent guère que du service commercial et des manœuvres intérieures, et un personnel spécial est chargé des signaux et des communications télégraphiques intéressant la sécurité de la voie. Ils ne donnent pas d'ordres de départ ou de stationnement, et le conducteur du train préside à tous les mouvements en même temps qu'il fait la police.

Les agents des trains, les agents spéciaux préposés dans les gares importantes à la composition et à la décomposition des trains, les télégraphistes des gares intermédiaires sont tous sous les ordres d'un *conducteur général du mouvement*, attaché à l'ingénieur en chef de l'exploitation qui règle la marche des trains.

Les trains sont divisés en trois classes, et on admet en principe qu'un train de classe inférieure doit dans tous les cas laisser la voie libre à un train de classe supérieure :

Les *trains réguliers*, qui sont spécifiés sur le tableau de marche où figurent les heures de départ et d'arrivée et l'indication des points de croisement.

Les *trains supplémentaires*, qui, ajoutés de temps à autre, suivent presque immédiatement les trains réglementaires et leur sont assimilés pour les conditions de marche.

Les *trains irréguliers*, qui se multiplient à l'époque des grandes

expéditions de céréales, ils sont intercalés entre les trains réguliers, et exigent de la part du *train-dispatcher*, chargé de les diriger au moyen du télégraphe, une attention extrême et un énorme travail.

Pour la protection des trains et l'organisation des signaux, les lignes les mieux exploitées des États-Unis sont inférieures aux lignes européennes. Seule la Compagnie du Pennsylvania-Rail Road applique le block-system comme en Europe ; encore n'est-ce que le block-system permissif, et non absolu.

Signalons cependant la confiance, bien plus accusée qu'en Europe, accordée par les ingénieurs américains aux signaux automatiques généralement mus par l'électricité.

La composition et la marche des trains de voyageurs se règlent sur les besoins du trafic et les conditions d'établissement de la voie. On en distingue quatre sortes : les trains omnibus ou locaux, les trains express ou directs, les trains postaux et les trains rapides.— La vitesse des trains est généralement inférieure à celle des trains d'Europe.

Mais le trait distinctif du service des voyageurs dans les chemins de fer d'Amérique consiste dans le checkage et la multiplicité des locaux où l'on peut prendre les billets (bureaux en ville, hôtels, etc.).

Le checkage est le mode d'enregistrement et de délivrance des bagages. Il consiste à attacher au colis une plaque de cuivre numérotée ; on remet au voyageur une plaque semblable qu'il lui suffit de présenter à l'arrivée pour obtenir son bagage.

Le service des marchandises est à peu près également réparti entre les trains réguliers et les trains irréguliers.

Les manœuvres en gare des trains de marchandises sont lentes ; leur vitesse est faible : aussi, malgré la facilité avec laquelle les établissements industriels obtiennent des embranchements particuliers, on s'accorde à reconnaître à ce point de vue l'infériorité de l'exploitation américaine.

Accidents. — On est généralement porté à exagérer la fréquence des accidents qu'ont à enregistrer les Compagnies de chemins de fer d'Amérique.

La part des accidents par imprudence y est assurément plus forte qu'en Europe ; mais cela tient à la grande liberté qui est laissée aux Américains de circuler sur la voie et dans les trains, et cela ne doit pas, par conséquent, être mis au compte des Compagnies.

Les accidents de trains proprement dits, tout en étant plus rares que les précédents, sont cependant plus fréquents qu'en Europe. Ils sont dus principalement au mauvais état de la voie, au défaut de résistance des ouvrages d'art, à l'imperfection des signaux.

On constate d'ailleurs depuis quelques années une diminution progressive du nombre des accidents. Quant aux caractères qu'ils présentent, on conçoit qu'il y ait, relativement à ce qui se passe sur les chemins de fer européens, de notables différences dues au mode spécial de construction du matériel américain. C'est ainsi qu'en cas de collision les voitures au lieu de monter les unes sur les autres s'emboîtent l'une dans l'autre (*telescoping*) ; souvent aussi les caisses quittent leurs trucks et continuent à marcher comme des espèces de wagons-traîneaux ; enfin l'emploi du bois dans les constructions et le système de chauffage au moyen de poêles rendent les accidents par incendie beaucoup plus fréquents qu'en Europe.

EXPLOITATION COMMERCIALE

Les quatre chapitres groupés sous ce titre dans l'ouvrage de MM. Lavoinne et Pontzen, et notamment ceux qui ont trait aux tarifs et au régime de la concurrence et de la coalition, sont particulièrement intéressants et méritent d'attirer l'attention de toutes les personnes qui s'occupent de ces questions si complexes et si controversées. Nous ne pouvons ici que citer quelques chiffres comparatifs et quelques résultats.

Importance du Trafic. — En ce qui concerne le mouvement des voyageurs, on peut dire qu'en moyenne la population ne voyage pas beaucoup plus aux États-Unis qu'en France ; et même sur les lignes américaines les plus importantes, le mouvement des voyageurs rapporté à la distance entière est généralement loin d'atteindre celui des grandes lignes françaises. Mais, en revanche, le mouvement des marchandises est double, et parfois triple, de celui de nos lignes les plus chargées. Cet immense mouvement est alimenté : de l'Ouest à l'Est, par les céréales, les bestiaux, les viandes, le coton, le tabac ; et de l'Est à l'Ouest par

les objets manufacturés provenant des États de l'Est ou importés d'Europe. Les produits des mines (houilles, huiles, minerais, métaux) se partagent entre les deux directions.

Les vastes marchés de l'Ouest et du Sud sont ainsi reliés aux ports de l'Océan par de grandes lignes qui, tantôt parallèles et tantôt se croisant, disputent les transports aux deux grands systèmes de voies navigables qui enserrent en quelque sorte leurs réseaux : au nord, le système des grands lacs, du Saint-Laurent et du canal Érié ; au sud et au centre, le système du Mississipi, du Missouri et de l'Ohio.

Concurrence et Coalition. — Ce n'est pas seulement contre les canaux, mais aussi et surtout entre elles, que les Compagnies américaines se sont livrées à une concurrence d'autant plus aiguë qu'indépendamment de la pénétration des divers réseaux les uns par les autres, l'organisation du service commercial, livré à des agents libres de faire subir toute sorte de modifications aux prix des transports, favorisait dans une mesure considérable les guerres de tarifs.

De là l'instabilité et l'extrême variabilité des tarifs, la manière arbitraire d'en faire l'application, et les crises commerciales et financières, si nombreuses et si vives, qu'ont eu à subir les Compagnies, jusqu'à ce qu'enfin, à ce régime d'une concurrence effrénée, soit venu succéder, dans ces dernières années, celui de la coalition des Compagnies, ou plutôt le système des associations de tarifs de transit, qui est une sorte de transition entre le régime du monopole et celui de la concurrence.

Tarifs. — D'après ce qui précède, on comprend aisément que ce qui caractérise les tarifs américains est leur manque absolu de fixité et d'uniformité Il sont restés ce que la nature des choses les avait faits dès le principe, essentiellement différentiels. Ils varient, sur la même ligne, avec le sens et la situation du parcours, avec la distance, l'époque de l'année, etc., et cela, pour la même classe de voyageurs et de marchandises.

Voici les principales distinctions établies :

En ce qui concerne les voyageurs, on distingue : les tarifs pour voyageurs à parcours partiel et les tarifs pour voyageurs à parcours total, ceux-ci beaucoup moins élevés que les précédents appelés aussi tarifs locaux ; les tarifs pour immigrants ; les tarifs pour grandes dis-

tances ; les tarifs pour voyageurs de banlieue, pour trains d'ouvriers ; enfin les tarifs pour voitures de luxe.

En ce qui concerne les marchandises, on divise les tarifs en deux grandes catégories : les tarifs locaux et les tarifs de transit.

Depuis l'établissement du régime des associations de tarifs, le syndicat des grandes compagnies a établi, et appliqué à chacune de ces deux grandes catégories, une classification des marchandises en onze séries, d'après leur valeur décroissante. Aux six premières classes on applique des tarifs fixes ; les cinq autres sont à tarifs variables.

Le besoin d'organiser des services spéciaux pour les transports à grandes distances, a donné naissance, en Amérique, aux *Compagnies spéciales de transport*, aux Compagnies fournissant des *wagons en location* et aux *lignes coopératives* se chargeant des transports qui empruntent plusieurs réseaux.

Il n'y a pas de délais de livraison imposés aux Compagnies ; toute marchandise, non enlevée dans les vingt-quatre heures après avis de l'arrivée, acquitte un droit de magasinage.

En résumé, le prix du transport par kilomètre est, pour les voyageurs, plus élevé en Amérique qu'en France ; mais les tarifs pour marchandises, généralement inférieurs à quatre et même à trois centimes par tonne kilométrique, sont notablement moins élevés que les nôtres, dont la moyenne est de six centimes.

Prix de revient. — Cet abaissement des tarifs a eu pour conséquence d'obliger les Compagnies américaines à apporter dans l'exploitation la plus stricte économie, et les progrès réalisés dans cette voie, les placent, à ce point de vue, sur un bien meilleur pied que la plupart des compagnies européennes.

Tandis qu'en France, par exemple, le prix de revient moyen par tonne kilométrique transportée était, en 1878, de deux centimes et demi sur l'ancien réseau et de quatre centimes sur le nouveau, il n'atteignait en Amérique que 2 centimes 10.

RÉGIME FINANCIER ET LÉGAL

Au moment où le régime des chemins de fer est l'objet, en France, de controverses et de débats quotidiens, tant dans le monde des ingénieurs et des économistes que dans la presse et dans le Parlement, il

est d'un grand intérêt de savoir comment cette question est résolue à l'étranger, et particulièrement dans la grande république américaine, qu'on donne si souvent pour modèle à notre démocratie.

Il faut savoir gré à MM. Lavoinne et Pontzen d'avoir traité ce sujet avec une clarté et une précision toute scientifiques, d'avoir réuni des chiffres et des statistiques nombreuses, et coordonné des documents précieux pour quiconque voudrait prendre part à cette grande discussion.

Organisation financière des Compagnies. Résultats financiers. — L'organisation et la situation financières des Compagnies de chemins de fer aux États-Unis se ressentent naturellement du caractère et des mœurs propres à la nation américaine ainsi que des conditions particulières dans lesquelles se sont développées les voies ferrées.

Tandis qu'en France des lignes se créent pour satisfaire à des besoins de transport déjà connus, l'industrie des chemins de fer s'est souvent appliquée, en Amérique, à des contrées où n'existait encore aucun trafic, et qu'il s'agissait de transformer, d'animer, de coloniser.

De là les nombreuses et brusques oscillations qui se sont produites dans les résultats financiers de l'exploitation des lignes américaines, ces faillites fréquentes et considérables des Compagnies, ces séquestres et ces ventes de réseaux entiers, et parfois la saisie et la mise en adjudication de tout le matériel d'une Compagnie. Mais ces désastres financiers n'arrêtent pas l'exploitation ; ils ne produisent qu'un temps d'arrêt dans le développement des chemins de fer et n'empêchent pas, en fin de compte, qu'il ne s'établisse un équilibre satisfaisant.

Actuellement, en effet, la rémunération moyenne des capitaux engagés dans les chemins de fer américains est environ de 4,5 pour 100, et cela pour le total respectable de vingt-cinq milliards et demi.

Ce capital est, comme en Europe, souscrit en actions et en obligations; mais la répartition entre ces deux titres est beaucoup plus variable que chez nous, et les obligations ont, aux États-Unis, ce caractère particulier de constituer de véritables emprunts hypothécaires dont la garantie est fournie par tous les biens de la Compagnie (immeubles, matériel, revenus).

Les Compagnies américaines ont aussi reçu assistance des pouvoirs publics (états, comtés, municipalités), pour réunir les ressources dont

elles avaient besoin, soit sous la forme de subventions en argent, de garanties d'intérêt, de travaux exécutés (mais rarement), soit sous la forme de souscriptions d'actions et d'obligations, et aussi de concessions de terres.

Ce dernier mode, particulier à l'Amérique, est celui qui a le mieux réussi. Les États, et aussi le Gouvernement fédéral, faisant aux chemins de fer d'importantes concessions de terres dans les vastes territoires, inhabités et incultes, situés à l'ouest du Mississipi, les compagnies ont aussitôt imprimé un élan immense à la colonisation de ces contrées, qu'elles ouvraient à l'immigration, et ont, par leur développement même, créé à leurs possessions une forte plus value, dont elles furent appelées les premières à profiter tant par le trafic que par les ventes de terres.

Régime légal. — Mais si les pouvoirs publics ont souvent prêté leur concours financier aux entreprises des Compagnies de chemins de fer, le Gouvernement fédéral s'est toujours abstenu, à leur égard, de tout acte de juridiction, les laissant relever uniquement de l'État où leur réseau est situé, et n'attribuant à chaque concession aucun caractère de monopole ou de privilège.

La constitution des Compagnies, dont l'initiative est généralement laissée entière à l'industrie privée, est réglée légalement par un acte de l'État où la ligne doit être établie.

Les concessions, autrefois perpétuelles, sont, depuis quelque temps, accordées pour une durée limitée. Le droit d'expropriation s'exerce à peu près dans les mêmes conditions que chez nous.

Des lois spéciales sont destinées à prévenir le monopole et la coalition des Compagnies ; mais la façon dont les pouvoirs publics exercent le contrôle n'est pas encore fixée définitivement. Tantôt nul, tantôt permanent, tantôt intermittent, il a permis, par exemple, que les tarifs fussent abandonnés un jour à l'arbitraire des Compagnies, un jour à celui de l'État. Heureusement, l'intervention de ce dernier n'a jamais été que momentanée; et ce n'est pas dans un pays, où les citoyens sont si ennemis de toutes les restrictions et de toutes les entraves gênant leur liberté, qu'il est à craindre qu'elle revête jamais un caractère abusif et permanent, tant au point de vue du rachat qu'à celui du contrôle ou de l'exploitation.

CHEMINS DE FER A VOIE ÉTROITE ET TRAMWAYS

La prise en considération des conditions particulières s'imposant à l'ingénieur, qui doit construire et exploiter des voies ferrées dans les villes ou dans des pays montagneux et accidentés, a amené MM. Lavoinne et Pontzen, après avoir parcouru, comme on vient de le voir, le cycle entier des questions qu'embrasse l'industrie des transports, à ne considérer cependant leur œuvre comme complète, qu'en la terminant par une étude spéciale des chemins de fer dans les villes et des chemins de fer à voie étroite.

CHEMINS DE FER DANS LES VILLES

Je pense qu'il n'est pas besoin de faire ressortir l'importance des voies de communications à l'intérieur des grandes villes, et de rappeler l'intérêt que cette question comporte pour les ingénieurs français, l'année même où elle a été l'objet, à la Société des Ingénieurs civils, de longues et nombreuses discussions. Mais il serait bien difficile de tirer une conclusion de tous les débats auxquels a donné lieu notre futur Métropolitain; l'on n'a pas abouti,

Et adhuc sub judice lis est.

Il n'est donc pas inutile, peut-être, d'appeler l'attention sur la manière dont les Américains ont résolu le problème, et le livre que nous étudions nous donne, sur ce sujet, des renseignements précieux. Nous n'en ferons ici qu'une mention générale, en engageant instamment le lecteur, qui s'intéresserait particulièrement à cette question, à consulter, avec le soin qu'elle mérite, toute la partie de l'œuvre de MM. Lavoinne et Pontzen consacrée à cette étude.

Tramways. Chemins de fer à câble. Chemins de fer aériens. — C'est en Amérique qu'a été appliquée, pour la première fois, à la cir-

culation dans les villes, la traction sur rails. Cette application s'est depuis répandue dans le monde entier; mais elle ne s'est nulle part développée autant qu'aux États-Unis, où la configuration des villes favorisait d'ailleurs ce développement, et où elle est devenue l'objet de nombreux et divers essais, dont quelques-uns n'ont pas encore pris pied en Europe. Tels sont notamment : les chemins de fer à câble sans fin de San-Francisco et le chemin de fer aérien de New-York.

Les premiers chemins de fer à crémaillère, qui ont servi de type à celui du Righi et à quelques autres d'Europe (Kahlenberg, Schwabenberg), ont aussi été établis en Amérique.

Pour les tramways ordinaires, leurs conditions d'établissement ne diffèrent pas beaucoup de celles qu'on rencontre chez nous. La construction de la voie est simplifiée le plus possible et on apporte le plus grand soin à perfectionner le matériel roulant. La substitution de la traction mécanique à la traction par chevaux a été, en Amérique comme en Europe, l'objet de nombreux essais : machines sans feu, locomotives, machines à air comprimé, à eau chaude, etc.; cependant aucun de ces systèmes n'est encore entré dans la pratique sur une large échelle.

Mais la traction par câble avec machine fixe, telle qu'elle est établie sur les tramways funiculaires de San-Francisco, semble avoir parfaitement réussi, et plusieurs villes de l'Union, Chicago entre autres, pratiquent déjà ce système, dont les auteurs donnent, dans leur ouvrage, une description très complète.

Nous trouvons enfin les principaux détails d'exécution d'ensemble des chemins de fer aériens de New-York, dont on ne peut assurément nier les inconvénients, au point de vue de l'aspect et de l'incommodité relative qui en résulte pour la circulation ordinaire mais qui n'en ont pas moins constitué, pour cette ville, la solution la plus économique et la plus avantageuse du problème imposé actuellement à l'édilité parisienne.

CHEMINS DE FER A VOIE ÉTROITE

Généralités. — Grâce à la grande liberté dont jouissent en Amérique les Compagnies de chemins de fer, elles ont pu, ainsi que

nous l'avons déjà dit en parlant de l'établissement de la *Voie*, adopter différentes largeurs de voie et choisir dans chaque cas celle qui leur paraissait la plus avantageuse. De là, la grande variété que présentent sous ce rapport les lignes américaines.

Nous avons vu, en même temps, qu'après la voie normale de $1^m,435$ celle qui est la plus répandue est la voie étroite, de $0^m,91$ (3 pieds) aux États-Unis, et de $1^m,05$ au Canada.

En 1880, on comptait dans ces deux pays 8.699 kilomètres de chemins de fer à voie étroite, et on projetait d'adopter cette voie pour plus de 8.000 kilomètres de nouvelles lignes.

C'est que ce choix est un moyen puissant, et souvent le seul qu'on possède, d'établir une meilleure proportion entre les dépenses et les recettes, soit que l'on ait à construire une ligne dans un pays accidenté, soit que l'on veuille desservir des intérêts purement locaux et qu'on ne puisse compter que sur un faible trafic.

Aussi la question des chemins de fer à voie étroite s'impose-t-elle aujourd'hui en France à une étude sérieuse de la part des ingénieurs, à l'attention des économistes et aux méditations des pouvoirs publics. L'exécution du grand programme de travaux inauguré en 1878 vient d'être l'objet dans le Parlement de longs et importants débats. Ce qui semble ressortir de cette discussion solennelle, c'est qu'il y a une disproportion réelle entre les sommes dépensées et les résultats acquis; soit parce que, au lieu d'entreprendre un nombre limité de lignes, d'en hâter l'achèvement, et de les mettre ainsi au plus tôt en état de rapporter (ainsi qu'on le fait en Amérique, où l'on est pénétré de la nécessité de raccourcir le plus possible la période d'exécution, toujours improductive), on en a commencé, les ressources restant les mêmes, beaucoup trop à la fois, de telle sorte que le produit se fera, sur toutes, longtemps attendre; soit parce que l'on n'a pas su résolument adopter les solutions économiques qu'exigeait parfois ou le peu d'importance du trafic prévu, ou les difficultés du parcours; soit enfin parce qu'on n'a pas reconnu tout le parti qu'on pouvait tirer, en de telles circonstances, du concours de l'industrie privée.

C'est sous la pression de ces préoccupations légitimes que l'État et quelques grandes Compagnies ont encouragé la création d'un certain nombre de chemins de fer à voie étroite, et nous pensons que ces lignes sont appelées à recevoir un grand développement.

Lorsque, en effet, des intérêts d'un ordre supérieur, et notamment

les considérations militaires, n'imposent pas l'unification de la voie, il y a lieu, pour les lignes d'intérêt local à faible trafic, et surtout dans les régions accidentées, d'adopter la voie étroite, qui s'approprie le mieux à ces conditions particulières, et qui fournit la solution la plus avantageuse du problème des transports économiques.

Avantages de la voie étroite. — *Construction et exploitation.*

Quelques détails, donnés sur les conditions d'établissement et d'exploitation des chemins de fer à voie étroite, feront mieux comprendre la portée de ces diverses considérations.

Pour ce qui regarde l'exploitation, on conçoit aisément que l'on puisse, sur les lignes à voie étroite mieux que sur les autres, pousser très loin l'utilisation du matériel roulant et réduire considérablement le personnel; mais cet avantage ne doit pas être considéré comme exclusif, et les mêmes simplifications peuvent être apportées dans l'exploitation des petites lignes à voie large.

C'est principalement sur les dépenses de premier établissement que porte l'économie réalisée par l'adoption de la voie étroite.

D'après le Congrès d'ingénieurs tenu à Saint-Louis en 1873, les réductions de dépense opérées à la fois sur les terrassements, la voie et le matériel roulant permettent de réaliser une économie de près de 40 pour 100 en pays de plaines, et une bien plus forte encore en pays de montagnes. Quant à l'exploitation, les diminutions opérées sur les dépenses de traction et sur celles d'entretien de la voie, que le matériel roulant plus léger fatigue beaucoup moins, procurent de ce chef une économie qui peut s'élever jusqu'à 25 pour 100.

Mais il est juste d'ajouter que cette dernière économie est notablement diminuée par les frais de transbordement. Il faut reconnaître que là gît le principal inconvénient de la voie étroite. C'est donc sur cette question du transbordement qu'il faut surtout attirer l'attention et appeler des perfectionnements : tous les efforts des ingénieurs doivent tendre à rendre cette opération à la fois moins coûteuse, plus simple et plus rapide.

A ce point de vue, l'emploi du matériel américain, dont les caisses de wagons peuvent être soulevées facilement et s'adapter à des trucks de voies différentes, pourrait peut-être fournir une solution satisfaisante du problème; et il est permis de penser que les ingénieurs

européens trouveraient, à ce sujet, d'utiles emprunts à faire à l'Amérique, où, par suite de la diversité des largeurs de voie, la nécessité du transbordement, se présentant fréquemment, a fait naître des solutions nombreuses de cette question, ainsi que nous l'avons exposé au chapitre de la VOIE (pages 551 et 552) [1].

De même, pour les voitures à voyageurs, la flexibilité du matériel américain le rend plus propre à parcourir les tracés sinueux des lignes à voie étroite.

En effet, la grande économie réalisée par l'établissement d'une voie étroite au lieu d'une voie large résulte surtout dans la possibilité de diminuer considérablement le rayon des courbes; et il est alors important, afin de ne pas occasionner une usure plus rapide de la voie et du

1. Au moment d'envoyer à l'impression notre travail, nous recevons le compte rendu du mois d'octobre 1882, qui contient le remarquable mémoire de M. A. Fousset sur l'*Algérie et les chemins de fer à voie étroite.*

Dans un chapitre très intéressant, semé de remarques judicieuses et abondant en chiffres statistiques, M. Fousset examine ce que valent les objections du transbordement et montre qu'il ne faut pas en exagérer les inconvénients, en indiquant, en outre, divers moyens de les atténuer. D'après lui, c'est surtout dans l'aménagement de la gare d'embranchement et dans l'emploi ingénieux d'appareils mécaniques qu'il faut rechercher la simplification, la rapidité et l'économie des transbordements. Il convient notamment (et ici nous citons textuellement le mémoire de M. Fousset) :

1° Que les wagons de la petite voie viennent se juxtaposer à ceux de la grande, au moyen de voies parallèles ;

2° Que les grands et les petits wagons puissent se placer bout à bout, la petite voie pénétrant dans la grande ;

3° Que les deux wagons, et, par suite, les deux voies, passent sous des appareils de levage ;

4° Que, pour certaines marchandises spéciales, l'on établisse des quais de différents niveaux avec pente, couloirs, etc., suivant les cas.

En rapprochant ces indications des détails que nous avons donnés au chapitre de la *Voie* (page 551 et 552), on peut se faire une idée à peu près complète des divers moyens proposés pour opérer les transbordements.

A ces différentes remarques, on peut enfin ajouter les suivantes. Il serait désirable que la charge des wagons de la voie étroite fût une fraction simple de la charge des wagons de la voie large, par exemple la moitié ou les deux tiers. On diminuerait ainsi le nombre des manœuvres, et on pourrait mieux utiliser la capacité des voitures.

L'emploi de cadres, dans lesquels on charge les marchandises, et qu'on peut transférer d'une voiture à l'autre sans opérer le déchargement en détail, est aussi à recommander. Il sera bon de donner à ces cadres des dimensions telles, que le chargement d'un wagon complet, aussi bien sur la voie normale que sur la voie étroite, puisse être constitué au moyen d'un nombre entier de cadres : cette dernière remarque complète la précédente.

matériel roulant, de posséder des voitures s'inscrivant facilement dans ces fortes courbes.

Le rayon minimum adopté pour la voie large est, en général, de 200 mètres ; sur la voie étroite, on rencontre souvent des courbes de 100 mètres de rayon; et, dans certaines régions tourmentées, on a admis parfois des courbes dont le rayon est inférieur à 60 mètres.

Grâce à cette facilité de développement en courbe, on peut contourner les obstacles naturels qu'on serait, dans le cas de la voie normale, obligé d'entamer ou de franchir directement; cette possibilité permet de réduire beaucoup les terrassements et de diminuer, dans une forte proportion, le nombre des ouvrages d'art : ponts, viaducs, tunnels. En outre, on peut, pour la même raison, se développer en rampe et n'adopter, par suite, que des inclinaisons bien inférieures aux limites admises pour la voie large.

Un autre élément, et non des moins importants, de l'économie réalisée dans les dépenses de premier établissement de la voie étroite est fourni par l'emploi de rails moins lourds; et l'on peut citer des lignes américaines dans lesquelles on a posé des rails dont le poids s'abaisse jusqu'à 14 kilog. 7 et même 12 kilog. 5. (*Denver* et *Rio-Grande Railroad;* ligne de *Toledo et Maumée.*)

Enfin il est bon de noter que, sur les lignes à voie étroite, beaucoup de stations peuvent être réduites à de simples haltes, et que les stations proprement dites ne donnent lieu qu'à des installations simples et peu coûteuses.

Pour ce qui regarde le matériel roulant des chemins de fer à voie étroite, sa construction, plus légère, exige tout d'abord une dépense moindre; puis, comme on l'a dit plus haut, il détériore moins la voie et procure ainsi une réduction des frais d'entretien.

C'est moins la capacité utile des wagons que les dimensions des pièces entrant dans leur construction que les ingénieurs américains ont d'abord cherché à réduire; et ils ont conservé, pour les voitures des lignes à voie étroite, la grande longueur qui rend leurs voitures de voie large si différentes des nôtres. La suspension des wagons sur deux trucks articulés leur donne d'ailleurs, malgré leur longueur, une flexibilité qui contraste avec la rigidité du matériel européen et leur permet de circuler plus aisément dans les courbes.

Ces diverses considérations, dont on ne saurait méconnaître l'importance, ont amené la Compagnie du chemin de fer d'Anvin à

Calais, ligne à voie étroite achevée récemment, à mettre à l'essai une voiture américaine à bogies. Cette voiture, qui contient cinquante-six places, est suspendue sur deux trucks articulés à quatre roues. Elle a un couloir central, et on y pénètre par les plates-formes à marche-pied placées aux deux extrémités. Elle fait, depuis un an, le service des voyageurs dans la partie la plus fréquentée de la ligne, entre Guines et Saint-Pierre, à la grande satisfaction du personnel et du public : aussi en fait-on construire actuellement deux autres du même modèle.

Les ingénieurs français, qui s'occupent de l'exploitation des chemins de fer à voie étroite, ne peuvent rester indifférents à ces heureux essais ; peut-être, en les poursuivant aussi pour les wagons à marchandises, parviendrait-on à obtenir cette appropriation aux exigences du trafic faible et du transbordement, qui est le trait caractéristique du matériel américain et qui est due en partie à un fractionnement convenable des charges portées par les wagons de la voie normale.

Quant aux locomotives, les trois types de la voie large, American, Mogul, Consolidation, sont aussi répandus sur les lignes à voie étroite ; mais, dans le type American, on substitue généralement au double bogie l'avant-train à un seul essieu ou pony-truck.

Exemples de chemins de fer à voie étroite.

(*Ligne française et ligne canadienne*).

Il nous paraît intéressant de donner, en terminant, un des exemples de chemins de fer américains à voie étroite que MM. Lavoinne Pontzen ont cités dans leur ouvrage, et de mettre en regard les données correspondantes, relatives à la ligne française que nous venons précisément de signaler pour l'expérience qu'elle a faite du matériel américain.

Le chemin de fer d'Anvin à Calais a été construit dans le courant de ces trois dernières années par M. G. Arnoult, sous la direction de M. E. Level. La ligne, dans toute sa longueur, n'a été ouverte que depuis le mois d'août 1882. L'inspecteur de l'exploitation, M. Plocq, réside à Arras, chef-lieu du département traversé par la ligne.

La largeur de la voie entre les rails est de 1 mètre. Aussi, afin de nous rapprocher le plus possible de ces conditions, prendrons-nous, comme exemple de ligne américaine, une ligne du Canada, où l'on a adopté une largeur de 1^{m},05 pour la voie des deux chemins de fer de l'Ontario.

DÉSIGNATION.		LIGNE DE TORONTO GREY ET BRUCE.	LIGNE D'ANVIN A CALAIS.
Éléments constitutifs de la plate-forme.	Longueur de la ligne	312^{k}	94^{k}
	Largeur de la voie entre rails	1^{m},05	1^{m},00
	Rayon minimum des courbes	138	130
	Maximum des pentes et rampes	0^{m},02	0,015^{m}
	Surface des terrains par kilom.	?	1 hectare 25
	Nombre moyen de mètres cubes de terrassements par mètre courant	5^{mc}	7^{mc},50
	Largeur de la plate-forme du terrassement — déblai	?	4^{m},30
	Largeur de la plate-forme du terrassement — remblai	?	4^{m},00
Éléments de la voie.	Longueur des rails	?	8^{m},00
	Poids des rails par mètre courant	29 kilogr.	20 kilogr.
	Traverses (pin et chêne pour Anvin-Calais)	1^{m},80×0,15×0,15	1^{m},70×0,17×0,12
	Ballast	?	Gravier dragué.
Matériel roulant.	Locomotives — Nombre	20	4
	Locomotives — Poids	16 à 40 tonnes.	11 à 19 tonnes.
	Voitures à voyageurs	12	33
	Wagons à marchandises	424	190

Quant au prix de revient, la ligne canadienne a coûté 68,500 francs par kilomètre, matériel roulant compris, et ce chiffre se décompose comme suit :

Terrassements, clôture, traverses, ouvrages d'art. . .	14.864^{f} 50
Rails et éclisses.	13.686 50
Pose et ballastage de la voie.	5.124 40
Bâtiments des stations.	1.844 50
Indemnités de terrains.	186 »
Télégraphe.	120 »
Surveillance des travaux.	2.280 »
A reporter.	38.105 90

Report.	38.105f 90
Commission et direction.	1.168 »
Frias législatifs.	297 60
Matériel roulant.	7.936 »
Divers.	191 80
Dépenses complémentaires.	20.800 »
Total.	68.499f 30

Voici maintenant pour la ligne d'Anvin à Calais le compte des dépenses de premier établissement au 30 septembre 1882, par kilomètre courant :

Frais généraux (constitution de la Société, études, personnel, intérêts des capitaux).	9.886f 27
Acquisitions des terrains.	15.521 33
Terrassements et ouvrages d'art, plantations. . . .	11.670 42
Bâtiments des stations, haltes et ateliers.	3.639 28
Matériel de voie et fixe, pose de voie, ballastage, télégraphes.	18.484 63
Matériel remorqueur et roulant.	7.633 27
Mobilier.	431 »
Total.	67.266f 20

Quelques dépenses complémentaires, dont le compte n'est pas encore définitivement réglé, mais dont le chiffre est à très peu près connu, porteront le prix de revient par kilomètre à 73,000 francs au plus.

Si l'on compare maintenant ces chiffres, on voit que les seuls entre lesquels on puisse accuser une différence notable sont ceux qui sont relatifs aux bâtiments et surtout aux acquisitions de terrains.

Pour les bâtiments des stations, la dépense sur la ligne française est plus élevée de 1.795 francs par kilomètre ; mais il ne faut pas perdre de vue que les stations y sont bien plus voisines que sur la ligne canadienne. La région que cette dernière traverse ne compte que quatre habitants par kilomètre carré ; le Pas-de-Calais en compte cent vingt. Aussi a-t-on établi sur la ligne d'Anvin à Calais vingt-quatre stations (quatorze gares et dix haltes), soit en moyenne une station tous les 3 kilomètres.

Quant aux acquisitions de terrains, elles ont coûté, en France, 15.335 francs plus cher qu'au Canada où elles n'atteignent que le

chiffre minime de 186 francs. Ce fait s'explique facilement par les conditions toutes différentes dans lesquelles s'effectue la vente des terres dans les deux pays; et, tout particulièrement dans le cas que nous citons, le jury d'expropriation du Pas-de-Calais a fixé pour les indemnités des chiffres beaucoup plus élevés que ceux auxquels on pouvait s'attendre.

Si donc on faisait abstraction des indemnités relatives aux terrains, dépense indépendante de la façon dont ont été dirigés les travaux, on obtiendrait pour la dépense kilométrique, sur la ligne française, un chiffre inférieur d'environ 10.000 francs au chiffre correspondant sur la ligne canadienne.

Cette comparaison fait honneur à l'éminent directeur de la Compagnie, ainsi qu'à l'ingénieur chargé par lui du service de la construction. Aussi ont-ils reçu les félicitations des principaux administrateurs et ingénieurs de la Compagnie du Nord, qui visitèrent la ligne au mois de septembre 1882, ainsi que celles d'un grand nombre de membres du Parlement invités à faire une tournée sur le nouveau chemin de fer le 3 décembre dernier. Et, dans un remarquable article sur la situation financière de la France, publié récemment dans le *Journal des Économistes*, M. Léon Say écrivait, à propos du chemin de fer d'Anvin à Calais, les quelques lignes qui suivent et que nous croyons bon de citer :

Les députés devraient se servir de leur carte de circulation pour aller à Calais. Outre qu'ils verraient en passant qu'on dépense beaucoup d'argent dans les ports et qu'il y a un intérêt vital à ce que l'État conserve assez de capitaux pour achever les travaux commencés, ils pourraient faire connaissance avec un petit chemin de fer dont la voie n'a que 1 mètre de large et dont le parcours est de 90 kilomètres. Ce chemin de fer pénètre au cœur même des villages, parce qu'il tourne autour des propriétés trop chères, et il n'a coûté que 70.000 francs le kilomètre... On pourrait trouver 3.000 *kilomètres de réseau classé*, surtout dans les pays de montagne, à construire sur ce modèle. Si on en évalue la dépense à 80.000 francs au lieu de 240.000 francs (prix de revient kilométrique du réseau de l'État). on pourrait économiser 400 à 500 millions.

Je me suis étendu un peu longuement peut-être sur ce chapitre des chemins de fer à voie étroite. Mais si je suis sorti à ce sujet des limites d'un simple compte rendu, j'ai pour excuse le haut intérêt qu'éveille aujourd'hui cette question dans toutes les contrées de la France, et en

particulier dans la région du Nord vers laquelle, en enfant du pays, je dirige le plus souvent mes pensées, et où l'on vient, récemment encore, de décider la construction de plus de 300 kilomètres de lignes à voie étroite, rayonnant pour la plus grande part dans la Somme et aussi dans l'Aisne, le Nord et le Pas-de-Calais[1,2].

1. Ces lignes sont les suivantes : d'Abbeville à Hesdin,
d'Albert à Noyon,
de Montigny à Nesle et Erche,
d'Albert à Montdidier,
d'Albert à Doullens,
d'Amiens à Vieux-Rouen,
d'Épehy à Guise,
de Combles à Bapaume,
de Noyelles au Crotoy,
de Saint-Valéry à Cayeux.

La construction de ces lignes a été votée dans la dernière session extraordinaire du Conseil général de la Somme. C'est M. E. Level, directeur de la Compagnie du chemin de fer d'Anvin à Calais, qui en a été déclaré adjudicataire, au prix de 64.000 francs par kilomètre.

2. Comme nous en avons déjà eu l'occasion à propos de la question des transbordements, nous nous permettrons de signaler une fois encore le mémoire de M. A. Fousset sur l'*Algérie et les chemins de fer à voie étroite.*

La lecture de ce mémoire fait ressortir d'une façon lumineuse les considérations que nous avons exposées ; elle montre, en outre, que ce n'est pas seulement en France, mais encore et surtout dans nos colonies, et notamment en Algérie, qu'il y a lieu de recourir à l'emploi de la voie étroite. Nous ne saurions mieux faire à cet égard que de citer les conclusions par lesquelles M. A. Fousset termine sa longue et intéressante étude.

« *La voie large*, dit-il, *n'est nullement à sa place en Algérie;* les dépenses énormes qu'elle entraîne sans nécessité, en écrasant le budget, étoufferaient infailliblement l'œuf dans son éclosion. »

« *Le réseau algérien doit être établi à voie étroite;* cette solution est la seule qui puisse permettre de doter notre colonie du réseau complet, absolument indispensable à sa sécurité et à son développement. »

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE DÉCEMBRE 1882

Séance du 1er Décembre 1882.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE TRÉLAT.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 17 novembre est adopté.

M. LE PRÉSIDENT. Messieurs, contrairement à nos habitudes, il y a une lacune dans ce compte rendu. M. Fuchs a fait dans notre dernière séance une communication d'une grande valeur et d'une grande étendue; il a été impossible de la mettre au compte rendu; elle sera publiée dans le prochain Bulletin, et sera accompagnée d'une carte qui augmentera encore l'intérêt de cette intéressante communication.

M. BRÜLL. Dans la dernière séance, nous avons entendu avec intérêt la communication de M. Fuchs sur la Cochinchine. Aujourd'hui, parmi les invités de M. Président, nous avons l'honneur de compter M. Petiton, ingénieur des mines, qui a parcouru le même pays, et il voudrait, non pas faire une communication sur la même question, mais vous présenter une carte géologique qu'il a dressée, avec des explications très rapides qui seront de nature à vous intéresser, si M. le Président veut bien lui donner la parole.

M. LE PRÉSIDENT. Certainement, Monsieur, je vous donnerai la parole dans quelques instants.

Messieurs, j'ai le regret de vous annoncer la mort de M. Febvre (Armand).

M. LE PRÉSIDENT. Maintenant, Messieurs, je viens vous communiquer le résultat d'un vote qui vient d'être fait par votre Comité, et qu'il vous soumet. Votre Comité a pensé, sur la proposition très sympathique de notre ancien Président, M. Mathieu, que les Sociétés comme la nôtre s'honoraient par la gratitude; et il a cru que cette gratitude ne pouvait mieux se placer ici que sur la tête de notre vieux camarade M. Loustau,

qui, pendant trente-deux ans, a apporté à la Société un dévouement ininterrompu.

M. Mathieu, qui est l'auteur de l'idée, a fait à votre Comité la proposition suivante :

« La Société des Ingénieurs civils désirant donner un témoignage de sa gratitude à M. Loustau, pour son dévouement à la Société dont il a géré les intérêts depuis trente-deux ans, en sa qualité de trésorier, décide qu'une médaille d'or lui sera offerte. »

(*Bravo! Applaudissements unanimes*).

Messieurs, vous avez voté de la manière la plus éloquente, et je n'ai plus à vous demander de le faire autrement. Maintenant, le vote est acquis, et il est acquis par le témoignage de tous vos cœurs.

M. Armengaud jeune. Messieurs, j'ai demandé la permission d'appeler, pendant quelques minutes, l'attention de la Société sur une question très importante qui se pose à l'occasion de l'Exposition d'Amsterdam. Il paraît qu'après bien des hésitations, le gouvernement Hollandais s'est décidé à patronner cette Exposition, et que les gouvernements étrangers, pour la plupart au moins, ont donné leur adhésion à cette Exposition; on peut dire aussi que, dans le monde entier, tous les industriels se préparent à y envoyer leurs produits.

Vous savez, Messieurs, qu'une Commission a été nommée, en France, pour rechercher les moyens de faciliter le plus possible la participation de nos nationaux à cette Exposition. Dans cette Commission, on peut regretter l'absence des Ingénieurs, car il n'y en a qu'un, le secrétaire, lequel ne pratique pas. Je crois être l'interprète de vos sentiments, en regrettant cette lacune. Plusieurs personnes ont dû s'occuper de la faire réparer; j'ai fait, de mon côté, tout ce que j'ai pu pour que notre Président fît partie de cette Commission; peut-être arriverons-nous à ce résultat; je le souhaite de tout mon cœur.

J'arrive à la question dont j'ai eu l'honneur d'entretenir M. le Ministre du commerce, et à propos de laquelle je lui ai, sur sa demande, remis une note spéciale qui a été soumise à la Commission française susmentionnée et dont j'ai cru devoir vous donner communication avant qu'elle ne vous parvienne par la voie des journaux.

M. Armengaud résume ainsi qu'il suit les principales considérations exposées dans cette note :

Le but des expositions, en faisant connaître les progrès accomplis pendant une certaine période de temps dans les applications industrielles, est surtout de mettre en lumière les procédés nouveaux, les moyens perfectionnés; en un mot, les inventions auxquelles sont dus tant de bienfaits pour l'humanité. Aussi voit-on les hommes d'initiative, savants chercheurs ou hardis inventeurs, venir prendre une part active à ces luttes pacifiques du travail. S'ils y accourent pleins de confiance pour exhiber au public les

résultats de leurs travaux, les fruits de leurs veilles, c'est qu'ils savent que leurs droits sont sauvegardés par les brevets qu'ils ont pris dans les différents pays, et qu'ils sont ainsi protégés contre le plagiat et la contrefaçon. Le plus souvent même, ils n'ont pas eu besoin de faire les sacrifices d'argent assez élevés pour l'obtention de ces brevets, puisque des lois spéciales en Angleterre, un bill du Parlement, en date du 14 juillet 1870, en France, la loi du 23 mai 1858, leur accordent une protection provisoire sur leurs œuvres pendant la durée de l'exposition.

Or, en Hollande non seulement il n'existe pas de loi pour une protection provisoire dans le cas des expositions, mais encore il n'y a pas ou mieux il n'y a plus de législation sur les brevets d'invention, le décret royal du 25 janvier 1817 qui en tenait lieu ayant été abrogé le 1er août 1869. Donc, absence complète de garantie pour les inventeurs dont l'intention serait de prendre part à l'exposition d'Amsterdam, qui va s'ouvrir en mai prochain sous le patronage du gouvernement des Pays-Bas, et avec l'adhésion de la plupart des gouvernements étrangers.

D'autre part, les Chambres néerlandaises ont refusé l'année dernière d'accepter le traité de commerce proposé par notre gouvernement, et dont l'un des effets eût été de protéger les modèles et dessins industriels.

C'est cette situation tout à fait anormale et vraiment inquiétante qui a préoccupé l'auteur de cette note. Il s'est demandé si son devoir n'était pas de dissuader ses compatriotes, inventeurs ou industriels de porter leurs œuvres ou leurs produits à Amsterdam, ou bien si, entrevoyant les conséquences fâcheuses d'une abstention, il n'était pas préférable d'essayer d'obtenir du gouvernement des Pays-Bas une protection en faveur des participants à l'exposition hollandaise.

Le Congrès international qui s'est tenu à Paris, en 1878, et auquel plusieurs membres de la Société ont pris part, a adopté un ensemble de résolutions destinées à servir de base à un traité d'union générale pour la protection de la propriété industrielle. Si l'on regrette que le gouvernement des Pays-Bas n'ait pas envoyé de delégué au Congrès de la propriété industrielle, on est heureux de constater qu'il s'est fait représenter officiellement dans la personne de M. Verniers van der Loeff, conseiller d'État, à la Conférence diplomatique qui a suivi ce congrès et s'est réunie à Paris, en 1880, sous la présidence d'honneur de M. le Ministre des affaires étrangères et de M. le Ministre du commerce.

A sa séance de clôture, la Conférence a décidé à l'unanimité de soumettre aux gouvernements des États, qui s'y étaient fait représenter, un projet de convention dont l'article 11 est ainsi conçu :

Art. 11. — *Les hautes parties contractantes s'engagent à accorder une protection temporaire aux inventions brevetables, aux dessins ou modèles industriels, ainsi qu'aux marques de fabrique ou de commerce pour les produits qui figureront aux expositions internationales officielles ou officiellement reconnues.*

Cet article est très net et répond parfaitement au *desideratum* qui se pose actuellement. Pour des motifs sur lesquels il n'y a pas lieu de s'arrêter, le projet de convention n'a pas encore reçu la ratification de toutes les puissances et la Hollande est du nombre. Sans doute cet État ne prévoyait pas que le moment viendrait où la nécessité s'imposerait de songer à cette question de la garantie des inventions. Mais aujourd'hui la Hollande ne peut plus hésiter à combler une lacune si profonde dans ses législations. Elle s'y trouve engagée par son adhésion à la Conférence diplomatique, par la signature qui a été apposée au bas de ce projet par son représentant officiel. Elle ne voudra pas, en attirant les inventeurs et les artistes industriels, les livrer pieds et poings liés à la contrefaçon.

Les raisons qui précèdent permettent d'espérer que la France, qui a déjà eu l'initiative du projet d'entente internationale pour la garantie de la propriété industrielle, réussira près du gouvernement des Pays-Bas, soit directement, soit par une action diplomatique collective avec les autres puissances, à obtenir une protection provisoire, et l'engagement de revenir à une loi définitive pour la protection des inventions, modèles et dessins industriels en Hollande.

Notre gouvernement y sera aidé par l'opinion publique, la presse, les Chambres de commerce, les Conseils de prud'hommes et les Chambres syndicales; enfin par les représentants de l'industrie auxquels a eu l'idée de faire appel l'Association des inventeurs et artistes industriels fondée par le baron Taylor.

Je n'ai plus qu'à ajouter ceci : c'est que le Ministre du Commerce, M. Pierre Legrand, a fait le plus chaleureux accueil à ces propositions et fera tous ses efforts pour donner satisfaction à des vœux si légitimes. J'espère que vous voudrez bien suivre les démarches faites dans ce sens et même y apporter votre concours. (*Applaudissements.*)

M. le Président. Je remercie M. Armengaud de cette communication qui a trait à une question importante, et qui nous montre les efforts du gouvernement et des particuliers pour arriver à une bonne solution [1].

M. Henry Mathieu présente à la Société, de la part de M. Adolphe d'Eichthal, président du conseil d'administration des chemins de fer du Midi, et du comité de la Société autrichienne des chemins de fer de l'État, membre également de la Société, un Album de Cartes représentant graphiquement, les données statistiques sur les chemins de fer Austro-Hongrois.

Cet Album qui ne comprend pas moins de 53 planches, reproduit d'une manière graphique, dans son ensemble et dans tous ses détails, les recettes et les dépenses de l'exploitation des chemins de fer de l'État autrichien.

Il reproduit, en outre, la partie des recettes et des dépenses de l'exploi-

1. Depuis cette communication, on a pu lire dans les journaux que la Commission française de l'Exposition d'Amsterdam a été saisie de la question, et que des pourparlers ont été engagés par voie diplomatique entre notre gouvernement et le gouvernement néerlandais dans le sens de la note de M. Armengaud.

tation du domaine de la Société, qui renferme un grand nombre d'industries, telles que mines, hauts fourneaux, forges, fabrique de produits chimiques, etc., etc.

Ce travail part de l'année 1856, date de l'ouverture du réseau et va jusqu'à 1880. C'est donc une période de 26 ans, pendant laquelle on peut suivre la progression croissante du trafic de cette importante Société.

Enfin, une planche a été consacrée à la comparaison de l'exploitation de ce réseau avec l'exploitation du réseau de chacune des grandes Compagnies françaises.

Tout cet ensemble, qui est un vrai travail de bénédictin, est, comme vous pouvez l'apercevoir du plus grand intérêt; c'est pour ce motif que M. Adolphe d'Eichthal m'a chargé de le recommander à votre attention.

M. Petiton. Mon camarade d'École des mines, M. Fuchs, ingénieur en chef des mines vous a fait une communication très intéressante, il y a quinze jours, sur une mission géologique qu'il a remplie pendant quelques mois au Tonquin, dans le Cambodge et dans la Cochinchine annamite. Cette communication était d'autant plus intéressante pour moi que je viens de terminer un long travail géologique sur la Cochinchine française, en y comprenant mes itinéraires dans le Cambodge, dans le royaume de Siam, chez les Kaouanes, tribus sauvages situées aux frontières des deux royaumes.

En 1868, M. le vice-amiral de la Grandière, alors gouverneur de la Cochinchine, désira avoir avec lui un ingénieur des mines, pour faire différentes explorations géologiques et études de mines dans l'île de Phu-Quoc (golfe de Siam), dans l'île Formose, etc., et sur plusieurs points du continent de l'Indo-Chine, visités rapidement par la grande exploration du Mékong, qui avait pour chef M. de Lagrée, et dont faisaient partie MM. Garnier, de Carné, etc., morts depuis.

M. le vice-amiral de la Grandière désirait avoir un géologue et un praticien, j'étais alors ingénieur aux mines de la Grand'Combe, il me proposa d'accomplir la mission dont j'ai parlé, j'acceptai et partis pour la Cochinchine.

Malheureusement pour moi, M. de la Grandière ne revint pas en Cochinchine, et je fus à la disposition d'un gouverneur qui avait des idées diamétralement opposées à celles de son prédécesseur; ce qui fut pour moi la source de cruelles déceptions, indépendamment des épreuves dues à d'épouvantables fatigues, supportées sous un climat meurtrier, surtout pendant la saison des pluies. Quoiqu'il en soit, je luttai pendant deux années, parcourant et étudiant le sol de la Cochinchine, souvent à mes frais, quoique étant fonctionnaire de la colonie.

Enfin je revins en France, complètement épuisé, le 31 août 1870, après avoir perdu, hélas, une bonne partie de mon personnel. Quoique en congé de convalescence, je partis pour la guerre.

J'attendis que ma position me permit de faire les sacrifices d'argent

nécessaires pour corriger et publier la carte géologique de la Cochinchine, dont j'avais laissé la minute à Saïgon, en 1870, et pour exécuter le long travail scientifique de classement et de détermination définitifs du millier d'échantillons de roches de la collection géologique que j'avais rapportée dans ce but en France, après avoir laissé un double de cette collection à Saïgon.

Je savais que ce travail me prendrait de longs mois.

Commencé l'année dernière, en 1881, je viens de le terminer.

Ma carte fait partie d'un grand travail sur la géologie de la Cochinchine, qui a plus de 200 pages de texte, et que M. le gouverneur de notre colonie va faire imprimer aux frais du budget colonial. — Ce sont des archives précieuses pour la Cochinchine, j'ose le dire, et qui éviteront bien des fatigues et bien des dangers aux ingénieurs qui viendront, comme M. Fuchs, faire des études de détail sur des points déterminés, pendant un laps de temps très court et pendant la belle saison. Je ne saurais du reste trop le répéter, et c'est ce que j'ai dit à M. Fuchs avant son départ : Il faut n'aller en Cochinchine et n'y faire d'explorations géologiques que pendant la saison sèche, et revenir se retremper en France, si on veut pouvoir continuer.

En attendant la publication officielle de mon travail, je fais imprimer ma carte.

N'ayant que quelques instants pour parler à propos du procès-verbal de la dernière séance, j'ai tenu à mettre sous vos yeux cette carte qui est la première carte géologique de la Cochinchine française.

On y reconnaît immédiatement les principales divisions des terrains de notre colonie, ainsi que les itinéraires de mes voyages dans le Cambodge et dans le Siam.

On distingue à première vue deux vastes espaces couverts de marais et de forêts, occupant la partie centrale et l'extrémité sud de la Cochinchine française. Trois grands groupes de roches à structure granitoïde frappent également l'attention, l'un s'étend vers le nord-est de la Cochinchine française et se compose des montagnes de Bien-Hoâ, de Long-Than, etc., le second groupe se prolonge au nord et est formé par la chaîne des montagnes de Tayninh ou Dinh-Bâ; le troisième occupe le nord-ouest de la Cochinchine française, et comprend les montagnes qui ont fait éruption entre Chaudoc, Hâtien, Rach-Gra et Long-Xuyen.

Ces trois groupes ont une importance considérable et donnent à la contrée son relief et sa physionomie générale. C'est dans le voisinage du premier groupe qu'on peut étudier les terrains sédimentaires de Bien-Hoâ et de Long-Than. De grands massif de grès environnent le second groupe.

En parcourant le troisième groupe, on rencontre des lambeaux de grès du massif de Tinh-Bien et les terrains anciens d'Hâtien, composés d'une formation puissante de roches argilo-siliceuses, de quartzites, de schistes et comprenant également un lambeau de calcaire dans le sud de la province d'Hâtien.

Ces calcaires anciens acquièrent une grande épaisseur et couvrent des étendues considérables au nord de la province d'Hâtien et dans le Cambodge; ils sont antérieurs ainsi que les schistes argilo-siliceux qui les accompagnent, aux épaisses couches de grès qui existent dans le Cambodge dans les montagnes de l'Éléphant au nord-ouest d'Hâtien. Les grès occupent, dans cette région, d'immenses surfaces, ils constituent presque entièrement l'île de Phu-Quoc, dans le golfe de Siam, et se prolongent, sur le continent, dans le royaume de Siam, où ils forment, à 200 kilomètres au nord des montagnes de l'Éléphant, une grande chaîne de montagnes dirigées sensiblement est-ouest. Je l'ai suivie et étudiée sur un parcours de plus de 120 kilomètres, au milieu de forêts vierges, malsaines et souvent presque impraticables.

Il reste à faire bien des études de détails qui nous feront connaître ce qu'on doit penser des mines d'or et de minerais de fer de la province de Bien-Hoâ, des mines d'argent de la province d'Hâtien, des lignites de l'île de Phu-Quoc, des phosphates de chaux que j'ai découverts dans la province d'Hâtien.

Je suis à la disposition de la Société pour lui donner des explications plus détaillées sur la géologie, sur la géographie et sur la vie de la Cochinchine, d'un pays où j'ai souffert trop cruellement pour ne pas l'aimer profondément.

M. Love débute tout d'abord en informant ses collègues, que le mémoire dont il va donner lecture est un chapitre d'un ouvrage dont il s'occupe depuis une douzaine d'années, et qui a pour titre : *Recherche des lois naturelles et positives dans les sciences d'observation*, et qui comprend des lois nouvelles et nombreuses se rapportant à la *résistance des matériaux*, à la *chimie* et à la *physique*. Il leur donne le titre ci-dessus parce qu'elles dérivent rigoureusement, directement, des faits dont les rapports sont traduits par des formules algébriques obtenues, abstraction faite, de *toute théorie*, de *toute hypothèse*.

Avant de traiter des *chaleurs spécifiques*, le mémoire, dans le but d'en éclairer la notion et la signification, examine les deux points de vue auxquels elles peuvent se rattacher. Il n'y en a que deux. En sorte que l'un étant écarté par de bonnes raisons et son incohérence, il faudra prendre le second en l'étayant pour l'ensemble comme pour les détails non d'hypothèses, mais de faits et d'induction. Le système qui devra être repoussé, d'après M. Love, est celui qui est admis par la science officielle et qui consiste dans l'*hypothèse mécanique* d'un monde qui ne serait composé que de *matière* et de *mouvement*, doublée de l'*hypothèse de lois* sans législateur, et rigoureusement observées par une substance qui n'aurait jamais reçu d'*impulsion* et serait dépourvue d'*intelligence*. Cette théorie se complète par l'*hypothèse* que les corps seraient composés à la manière des systèmes sidéraux, comme le système solaire, c'est-à-dire de molécules séparées les unes des autres par des espaces considé-

rables relativement à leur volume. Ce qui est contraire à la notion, que nous acquérons des corps par le sens visuel aidé des microscopes les plus puissants, rend impossible de comprendre comment un corps solide peut se constituer, et soulève un grand nombre d'autres objections auxquelles il n'y a pas de réponse. Dans cet ordre d'idées, d'ailleurs, la chaleur n'existant pas comme être réel rend difficile, pour ne pas dire impossible, une définition claire et compréhensible de la chaleur spécifique. On s'en aperçoit en cherchant ce qu'en disent MM. Littré et Robin, les plus acharnés promoteurs de cette théorie; le premier dans son dictionnaire de la langue française, le même en collaboration avec le second dans le dictionnaire de médecine et de chirurgie substitué à celui de Nysten à l'article *calorique spécifique*. Il faut noter d'ailleurs que si la chaleur n'est qu'une communication de mouvement, elle doit être proportionnelle aux poids moléculaires des corps. Tandis que l'expérience prouve plutôt qu'elle est en raison inverse, sinon *proportionnelle*, au *moins* variable de ces poids.

La raison et l'expérience concourent donc à écarter cet échafaudage d'hypothèses pour ramener l'esprit à la considération de la réalité objective de la chaleur et à une constitution moléculaire toute différente, et qui ne saurait être autre que celle où *les molécules des corps, à tous les états, seraient toujours en contact les unes avec les autres*. M. Love fait remarquer que dans un mémoire ayant un objet spécial déterminé, il ne saurait donner à cette double et importante question tous les développements qu'elle exigerait pour l'établir définitivement sans laisser prise à l'objection, comme il croit l'avoir fait dans l'étude générale mentionnée précédemment dans les chapitres qui précèdent celui des chaleurs spécifiques. Il ne faut donc s'attendre, dans ce qui va suivre, qu'à une exposition sommaire qui pourra paraître suffisante aux esprits préparés par leurs propres études à un système du monde tout différent de celui qui est encore en faveur, mais qui, pour d'autres, à de certains égards, pourrait sembler hypothétique ou insuffisant. Il prie donc ses collègues de lui faire crédit sur ce point jusqu'à la prochaine communication où il entrera dans tous les détails que le sujet comporte.

D'après ce qui précède, on comprend qu'il ne peut plus être question de la chaleur produite par le choc des molécules, puisqu'elles se touchent; ni d'un mouvement quelconque giratoire ou autre qui s'opposerait *à la stabilité de la construction qu'exige impérieusement un corps solide*. Il faut reconnaître, dans la chaleur, une substance, un être indépendant de la molécule qui s'y associe en quantités variables pour les mêmes corps, suivant la température du milieu et suivant qu'il se trouve à l'état simple ou combiné, ainsi qu'on le remarque notamment dans la saisissante exposition faite par notre illustre maître, M. Dumas, des pertes successives de chaleur éprouvées par les constituants dont la combinaison aboutit à la formation de l'alun, et de la restitution de chaleur qu'il faut faire à l'alun pour revenir aux premiers éléments [1].

1. Discours sur l'*affinité* prononcé à la Sorbonne par l'éloquent professeur.

D'ailleurs du fait patent de l'*inertie mécanique des corps* et de leurs molécules, par conséquent; et de cet autre *que tout ce qui existe est soumis à des lois*, les combinaisons chimiques comme le reste, il résulte, la signification et la portée de la loi étant bien comprises, que ces combinaisons ne sauraient avoir lieu sans l'intervention d'une force élémentaire comprenant la loi et l'exécutant aussi bien dans l'infiniment petit que dans l'infiniment grand. L'exposé précédent relatif à la formation de l'alun et à sa décomposition pour revenir aux éléments conduisait naturellement, semble-t-il, à cette conclusion que la chaleur était cette force. L'illustre académicien s'est rallié à l'idée de Newton, que ce devait être l'*attraction*. M. Love présente quelques observations qui ramènent à l'idée que la chaleur est l'agent en question, tout en confirmant l'idée newtonienne, par la raison qu'une expérience très simple prouve que la chaleur est la cause de la *pesanteur* et par conséquent de l'*attraction*. Une autre expérience très topique montre d'ailleurs que c'est bien elle qui, par une diminution graduelle de ses vibrations dans une barre de fer chauffée à blanc et qu'on laisse refroidir, donne les *impressions diverses qui s'adressent aux cinq sens*. Celles de la lumière de diverses teintes pour les yeux, celles de la chaleur au sens vulgaire du mot, ou de la brûlure qui atteint le sens tactile, et successivement celles du *son*, de la *saveur*, de l'*odeur* que reçoivent les autres sens. D'autres observations prises dans une autre direction confirment cette expérience. Ce sujet prête d'ailleurs à des développements qui ne peuvent trouver place dans le mémoire et à *fortiori* dans le présent résumé.

Ce qu'il convient d'examiner maintenant, c'est la situation de la chaleur dans les corps et la fonction importante qu'elle y exerce. Pour y arriver, il est nécessaire, au préalable, de pousser un peu plus loin la notion de la molécule. De ce que les molécules se touchent en se polyédrisant par leur plasticité, il s'ensuit *que la densité des corps n'est autre que celle de leurs molécules;* et que leur volume s'y trouve relié ainsi qu'au poids moléculaire P par la formule connue $V = \frac{P}{D}$ dans laquelle, pour la rendre homogène, il faut substituer à D densité par rapport à l'eau ou à l'air la densité par rapport à l'hydrogène. On tire de là, entre autres, les volumes qui ont fait l'objet des expériences volumétriques de Gay-Lussac, et la preuve que celui de la molécule d'oxygène, par exemple, est *moitié* de celui de l'hydrogène et en parfait accord avec son poids $P = 8$. Ce qui met à néant l'hypothèse de l'école moderne de chimie qui double ce poids pour attribuer arbitrairement à l'oxygène un volume égal à celui de l'hydrogène. On en tire aussi cette conséquence que toutes les molécules sont *creuses*. Arrivé à ce point, on a trouvé la seule place que la chaleur puisse occuper dans les corps; c'est-à-dire l'intérieur de la molécule.

La chaleur étant une *force* et ne pouvant rester inactive sans cesser d'exister, ce qui est impossible, *puisque rien ne se perd, rien ne se crée,* dans le sens absolu du mot, il faut qu'elle s'y meuve. Or si l'on cherche à quel

mouvement utile elle pourrait bien s'employer, on n'en saurait trouver d'autre, si l'on consisidère la molécule libre, comme elle l'est dans les liquides et les gaz, qu'un mouvement rapide hélicoïdal formant un cycle fermé sur lui-même et dont les spires, par leur action centrifuge sur les parois de la molécule, donnent à celle-ci le volume qu'elle possède à la température ambiante. M. Love fait voir aussi par une figure comment le même mouvement s'étendant à une file de molécules, les rattache ensemble par la réunion de tous les cycles en un seul, fermé une seule fois sur l'ensemble des molécules; et comment aussi le même mode d'action se prête très simplement à la réunion des files de molécules formant un corps solide.

Pour des raisons très positives qu'il serait trop long d'exposer ici, M. Love arrive enfin à la notion que les combinaisons s'effectuent par l'*emboîtement des molécules semblables ou dissemblables*, et trouve dans le système mécanique, qui vient d'être exposé, les éléments d'une explication très simple de l'emboîtement des molécules et de la libération de la partie de la chaleur devenue inutile à la suite de la combinaison.

Enfin la chaleur latente, dite de constitution des corps, ayant pour fonction de donner à leurs molécules le volume qu'elles ont à la température considérée; et la chaleur dite spécifique, ayant pour effet d'augmenter ce même volume quand la température du milieu s'élève, il est évident qu'elle s'ajoute à l'autre pour prendre sa part dans une fonction identique et ne fait qu'une avec elle; ce qui pour la première fois donne à la capacité calorifique une signification claire et précise.

M. Love procède alors à l'examen des chaleurs spécifiques et montre que les premières expériences sérieuses qui aient été faites, celles de Petit et Dulong, ont révélé ce fait important, que les chaleurs spécifiques augmentent avec la température. Cependant ces physiciens et leurs successeurs n'ont pas recherché les lois des évolutions des chaleurs spécifiques de chaque corps, les seules ayant un véritable caractère scientifique et pratique. Il en a été de même des dilatations qui réclamaient des recherches de même nature. Il y a eu cependant quelques exceptions, mais elles ne paraissent nullement avoir été faites dans le but qu'il importe au plus haut degré d'atteindre, pour asseoir la thermo-chimie sur des bases solides. Les premières expériences sont dues à Pouillet, les secondes, très récentes, à M. Violle, professeur de physique à la Faculté de Lyon. Les unes et les autres ont été faites sur le platine et poussées jusqu'à 1200°. Les plus complètes sont les premières.

Pouillet n'a pas eu l'idée de chercher la loi des évolutions des chaleurs spécifiques du platine, d'après ses expériences qui s'y prêtaient pourtant très bien. M. Violle a supposé qu'elles étaient représentées par l'équation d'une ligne droite de la forme $y = ax + b$. M. Love reprenant ces expériences, sans vouloir rien préjuger du résultat, a reconnu que la formule de la ligne droite ne pouvait s'adapter ni aux unes ni aux autres, et cela par un double procédé géométrique et algébrique dont le détail ne peut trouver place ici. Il a trouvé que les unes et les autres étaient régies par

l'équation d'une parabole du second degré, laquelle conduit pour les expériences de Pouillet à une rencontre avec l'axe des températures à 1700 degrés au-dessous du zéro conventionnel et pour celles de M. Violle à 1300 degrés.

Cette rencontre est-elle celle d'un zéro absolu général pour tous les corps ou d'un zéro absolu spécifique pour chaque corps? C'est ce que des expériences ultérieures pourront seules faire connaître. A ce propos, M. Love fait remarquer les dissidences qui existent entre les résultats obtenus par les divers expérimentateurs et les attribue au degré inégal de pureté des métaux expérimentés, leur différence de texture due aux procédés de fabrication, etc., et enfin aux méthodes d'expérimentation toutes choses qui n'impliquent en aucune façon la supériorité de l'un quelconque des expérimentateurs sur les autres. A proprement parler et sauf les dernières dont il vient d'être question, les expériences faites n'ont en réalité aucune valeur et communiquent naturellement leur déchéance à l'usage qui en a été fait par la nouvelle école de chimie. Elles devront être reprises sur de nouveaux frais et de manière à se prêter, par le nombre de déterminations, à des recherches comme celles qui ont pu être faites sur le platine. Elles devront être conduites parallèlement avec celles relatives aux dilatations qui paraissent plus faciles à exécuter et qui, devant donner des rencontres avec l'axe des températures identiques à celles des capacités calorifiques, assurent à des expériences de la plus haute utilité un contrôle précieux.

M. Love donne d'ailleurs, en terminant, le programme des conditions dans lesquelles les expériences lui paraissent devoir être poursuivies pour obtenir la plus grande concordance possible entre les résultats.

M. le Président. Messieurs, je remercie M. Love de la très importante communication qu'il a apportée à la Société des Ingénieurs civils. Il s'est placé à des hauteurs de vues qui ne permettent pas d'entrer en discussion avec lui au pied levé. Mais l'auteur s'y dévoile complètement. La densité de sa communication montre de quel travail elle est doublée. S'il me le permettait, je dirais à M. Love qu'il a marqué une trace vigoureuse sur nos esprits, parce qu'il est contradictoire, un peu à la manière des grands poètes. Il annonce la prétention de ne pas faire de théories, dont il professe l'horreur, et il est plein de conceptions imaginatives. Il malmène l'hypothèse, et il est riche de devinations audacieuses. Ce n'est pas moi qui le lui reprocherai, tant s'en faut. Il est vrai que je ne suis pas de ceux qui bannissent à toujours l'hypothèse, des légitimes procédés de l'intelligence. J'aime, au contraire, à suivre les spéculations de mon vieil ami, M. Love, parce qu'elles sont nourries de méditations profondes, de labeurs généreux et de larges vues. Quand nous pourrons lire à tête reposée ce gros travail, je ne doute pas qu'il donne fortement à penser à plus d'un parmi nous. M. Love reconnaîtra dans mes paroles une amitié de quarante ans, qui nous fait gaiement porter entre nous plus d'une contradiction.

M. LOVE. M. le Président prétend peut-être que je fais des hypothèses parce qu'il ne partage pas mes opinions.

M. LE PRÉSIDENT. Je ne dis pas que je suis en désaccord avec les opinions de M. Love. Je pense seulement que ce que fait la force de ses œuvres, c'est qu'il reste persuadé qu'il ne fait jamais l'ombre d'une théorie. Mais il manie très bien l'instrument et ne néglige pas de s'en servir.

M. LOVE remercie son vieux camarade, M. Trélat, de ses appréciations en ce qu'elles ont d'obligeant pour lui. Mais il fait remarquer que le procédé géométrique et algébrique par lequel il arrive à établir une loi quelconque sur la résistance des matériaux, la chimie, la physique, exclut absolument l'hypothèse et la théorie. C'est le cas des lois sur les capacités calorifiques du platine, ainsi qu'on peut s'en convaincre en jetant les yeux sur les tableaux qui s'y rapportent et où l'on ne voit que des résultats d'expériences mis en épure, et celle-ci traduite par une formule algébrique.

M. LE PRÉSIDENT. Et l'admirable peinture de la molécule et de l'atôme?

M. LOVE prétend que, même à propos de la constitution moléculaire, il n'a pas recours à l'hypothèse. Il examine *les seules combinaisons mécaniques*, que l'on puisse proposer pour constituer un corps solide, liquide ou gazeux au moyen de molécules, et il ne retient que celle qui résiste à cet examen.

M. LE PRÉSIDENT. Allons, je suis battu! je suis : υπο, dessous; et il reste : θεσις, la thèse pour mon ami Love. L'hypothèse est ainsi complète.

M. LE PRÉSIDENT. Nous ne pouvons aborder aujourd'hui la discussion du Mémoire de M. Fousset, nous n'avons plus le temps; et puis notre capacité d'attention a été si largement conquise, par le grand travail de M. Love, que nous n'en avons plus.

Messieurs, nous avons à remercier M. Regnard, qui a prêté son concours à M. Love, pour la confection des tableaux que vous avez sous les yeux.

MM. Bécard, Gouvy fils, Desruelles, Salvetat, de Saint-Phalle et Supervielle ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à dix heures trois quarts.

Séance du 15 Décembre 1882.

Présidence de M. Émile Trélat.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. le Président donne lecture d'une lettre de M. Loustau, qui exprime ses vifs regrets de ne pouvoir assister à la séance de ce jour, retenu au lit par des douleurs; il remercie les membres de la Société du témoignage de sympathie qu'on a bien voulu lui donner en lui décernant une médaille d'or. Il prie M. le Président de vouloir bien charger M. Husquin de Rhéville de donner communication de la situation financière de la Société.

Conformément à l'article 17 des Statuts, il est donné communication de l'exposé de la situation financière de la Société.

M. Husquin de Rhéville indique que le nombre des Sociétaires, qui était,

au 16 décembre 1881, de.	1922
s'est augmenté, par suite de nouvelles admissions, de.	110
	2032
A déduire, par suite de décès, démissions et radiations pendant l'année.	48
Nombre total des Sociétaires au 15 décembre 1882. . .	1984

Les recettes effectuées pendant l'exercice de 1882 se sont élevées à :

		fr. c.	fr. c.
1° Pour le service courant (droits d'admission, cotisations, locations de salles, intérêts d'obligations, amendes, vente de bulletins, annonces).		70,045 18	77,373 68
2° Pour le fonds social inaliénable, 7 exonérations.	4,200 »	7,328 50	
3° Dons volontaires.	3,128 50		
Il reste à recouvrer en droits d'admission et cotisations. . .			15,893 »
Total de ce qui était dû à la Société.			93,266 68

Au 16 décembre 1881, le solde en caisse était de.	17,699 89	95,073 57
Les recettes effectuées pendant l'exercice 1882 se sont élevées à.	77,373 68	

Les sorties de caisse de l'exercice se sont élevées à :

1° Pour dépenses courantes diverses (impressions, appointements, contributions, assurances, affranchissements, intérêts de l'emprunt, etc.). .	59,564 27	79,794 27
2° Pour achat de 10 obligations sur le fonds courant.	3,730 »	
3° Emploi du fonds du capital inaliénable : Remboursement de 33 obligations.	16,500 »	
Il reste en caisse à ce jour..		15,279 30

D'après le détail de la situation présentée par le Trésorier, le fonds courant et le capital inaliénable sont constitués de la manière suivante, à la date du 15 décembre 1882.

L'avoir du fonds courant se compose :

1° De l'encaisse en espèces.	10,464 08
2° De 201 obligations du Midi, ayant coûté.	70,324 89
Total du fonds courant.	80,788 97

La Société possède en outre comme fonds social inaliénable :

1° En espèces..	4,815 22	10,815 22
2° 19 obligations du Midi, provenant du legs Nozo.	6,000 »	
3° Un hôtel dont la construction a coûté.	278,706 90	251,206 90
sur lequel il reste dû.	27,500 »	
Total de l'avoir de la Société.		342,811 09

M. LE TRÉSORIER croit devoir signaler à la reconnaissance de la Société, ceux de ses Membres qui ont contribué le plus largement aux versements des dons volontaires, tant en espèces qu'en obligations désignées par le tirage au sort pour être remboursées.

	ABANDON D'OBLIGATIONS.	EN ESPÈCES.
MM. Pereire, Émile fils, 4 obligations..	2000 fr.	
Mathieu Henri, 1 obligation......	500 »	
Hersent..................................		500 fr.

ÉTAT COMPARATIF DES EXERCICES DE 1875 A 1882.[1]

INDICATIONS.	17 décembre 1875.	15 décembre 1876.	21 décembre 1877.	20 décembre 1878.	19 décembre 1879.	17 décembre 1880.	16 décembre 1881.	15 décembre 1882.
Nombre de Membres....	1263	1346	1420	1526	1577	1800	1922	1984
Membres admis pendant l'Exercice..........	109	114	109	150	98	264	180	110
Membres décédés......	17	17	21	18	17	21	24	23
Membres démissionnaires	9	5	3	13	14	7	17	8
Membres rayés........	11	9	11	13	16	13	17	17
Membres exemptés.....	6	6	9	11	5	3	25	6
Exonérations de 600 fr.	3	5	11	13	9	23	16	7
Legs................	»	Nozo 6.000f Seguin 5.000f	»	»	Gil Claudio 5.000f	»	»	2 legs à recevoir
Dons volontaires.......	»	100	»	»	72f	3.658f 75	6.509f 25	3.128f 50
Encaissements de l'Exercice................	44.964f 00	59.159f 10	55.316f 32	63.612f 65	68.346f 74	81.454 84	89.090f 33	77.378 68
Achat d'Obligations du Midi..............	(30) 15.846f 65	(31) 10.098 15	(16) 5.313 60	(29) 10.605 25	(25) 9.552 54	(14) 5.348 50	(26) 10.323 95	(10) 3 730 00
Remboursement d'Obligations sociales........	»	(16) 8.000 00	(16) 8.000 00	(14) 7.000 00	(9) 4.500 00	(20) 10.000 00	(33) 16.500 00	(33) 16.500 00
Sommes dues.........	17.917 00	18.391 00	18.338 00	16.577 00	11.847 00	13.521 00	12.576 00	15.803 00
Sommes restant en Caisse	23.416 60	29.499 17	12.362 09	18.529 04	19.400 26	21.142 63	17.699 89	15.279 30
Dépenses de l'Exercice..	37.563 85	37.229 88	48.355 25	45.181 10	52.371 27	57.570 43	65.709 12	59.564 27

Il y lieu de rappeler que dans le cours de la présente année 1882, deux Membres de la Société ont légué par testament, l'un M. Henri Giffard, 50,000 francs, l'autre M. Amable Le Roy, 5,000 francs.

Les formalités adminisiratives et judiciaires exigées par la loi n'ont pas encore permis d'en encaisser le montant.

M. le Président met aux voix l'approbation des comptes du trésorier, ces comptes sont approuvés à l'unanimité.

M. le Président remercie M. Loustau, de son zèle et de son devouement aux intérêts de la Société.

Il est ensuite procédé au vote pour l'élection des Membres du Bureau et du Comité pour l'année 1883.

Les élections ont donné le résultat suivant :

BUREAU.

Président.

M. Marché (Ernest).

Vice-Présidents :

MM. Martin (Louis).
De Comberousse (Charles).
Courras (Léon).
Flachat (Ivan).

Secrétaires :

MM. Douau (Maximilien).
Vallot (Henri).
Delaporte (Georges).
Moreau (Auguste).

Trésorier : M. Loustau (Gustave).

COMITÉ.

MM. Périssé (Sylvain).
Carimantrand (Jules).
Degousée (Edmond).
Rey (Louis).
Mallet (Anatole).
Seyrig (Théophile).
Morandiere (Jules).
Lavezzari (Émile).
Ermel (Frédéric).
Desgrange (Hubert).

MM. Simon (Édouard).
Contamin (Victor).
Herscher (Charles).
Boistel (Louis).
Mayer (Ernest).
Reymond (Francisque).
Fontaine (H.).
Rubin (Arthur).
Brüll (Achille).
Chobrzynski (Jean).

CHRONIQUE

SOMMAIRE. — Résultats d'exploitation du chemin de fer du Rigi en 1882. — Un détail des locomotives américaines. — Expériences sur des locomotives américaines. — Machines marines à triple expansion. — Le procédé Bessemer aux États-Unis. — Filtration des vapeurs.

Résultats d'exploitation du chemin de fer du Rigi en 1882. — Nous avons donné dans la Chronique de janvier 1881 les résultats d'exploitation du chemin de fer du Rigi pour 1880; nous trouvons les chiffres ci-dessous dans le rapport présenté à l'Assemblée générale des actionnaires de cette ligne pour l'exercice 1882, et nous croyons intéressant de les présenter à titre de comparaison, parce qu'ils peuvent donner une idée de la régularité tant du fonctionnement que des produits de cette entreprise basée sur un système de traction que bien des personnes se décident encore difficilement à considérer comme pratique malgré douze ans d'exploitation.

Le nombre des trains et le parcours kilométrique ont été les suivants pour les années 1881 et 1882 :

	1882	1881
Trains de voyageurs	2,742	2,374
— mixtes	98	202
— de marchandises	40	20
— de travaux	132	122
Totaux	3,012	2,718
Parcours kilométriques	20,108	18,148

Ces chiffres indiquent une notable augmentation du trafic par rapport aux années précédentes. En effet, en 1879 on avait eu 2,540 trains et 17,095 kilomètres; et en 1880, 2,546 trains et 17,187 kilomètres.

Cette année, grâce à la douceur exceptionnelle de l'hiver, on a pu faire quelques trains jusqu'au Kaltbad, en janvier, février et mars, et le premier train a pu atteindre le Kulm le 6 mai. Le service régulier a duré du 1er juin au 14 octobre comme les années précédentes.

Les recettes ont été pour 1882 :

Voyageurs.	369,619 fr.,	soit	89,3	pour 100.
Bagages.	8,012	—	1,9	—
Marchandises.	10,358	—	2,5	—
Recettes accessoires. . . .	27,376	—	6,3	—
Total.	415,365	—	100,0	—

En 1881, le montant total des recettes avait été de 386,709 francs, dont 88,1 pour 100 pour les voyageurs.

On a transporté, en 1882, sur le chemin de fer de Vitznau-Rigi-Kulm, 84,941 personnes, dont 36,588 dans le mois d'août; en 1881, le nombre des voyageurs avait été de 79,288.

La proportion est la suivante :

Montée.	42,452	voyageurs, soit	50 pour 100.
Descente.	42,489	—	—

On est donc arrivé sensiblement à l'égalité, tandis que l'année dernière la proportion était de 49,7 pour 100 à la montée et 50,3 à la descente, rapport presque identique à celui de 1880.

On a transporté, en 1880, 630 tonnes de marchandises dont 310 de denrées alimentaires, 196 de combustibles, 80 de matériaux de construction, 5 d'objets en métal, 6 de verreries et poteries, 4 d'objets agricoles, 29 d'emballages et 1 d'objets non dénommés.

En 1881, le tonnage transporté avait été de 728 tonnes.

Les dépenses d'exploitation se divisent comme suit :

Administration.	13,600 fr.,	soit	6,1	pour 100.
Service de la voie.	17,233	—	7,7	—
Exploitation.	28,027	—	12,6	—
Matériel et traction.	81,430	—	36,6	—
Divers.	82,096	—	37,0	—
Total.	222,387	—	100,0	—

Le dernier chapitre se compose principalement de la somme de 73,551 francs formant le prélèvement de 75 pour 100 des recettes brutes de la section Staffelhöhe-Kulm, attribué à la Compagnie de Arth-Rigi. Si on ajoute aux dépenses ci-dessus 20,000 francs dépensés au buffet de Vitznau, on arrive à un total de 242,387 francs.

On a donc :

Recettes.	415,365	francs.
Dépenses.	242,387	—
Net.	172,978	—

L'emploi de cette différence s'est fait comme suit :

Net.		172,977 fr.
Intérêt 4 1/2 pour 100 sur 1,000,000 francs : Obligations.	45,000f	107,500 fr.
Intérêt 5 pour 100 sur 1,250,000 francs : Actions.	62,500f	
		65,477 fr.
Dividende 3 pour 100 sur 1,250,000 francs : Actions.	37,500f	53,028 fr.
Attribution au Conseil.	5,528f	
Fonds de renouvellement de la voie.	10,000f	
A reporter.		12,449 fr.

Le compte d'établissement atteint actuellement 2,295,797 francs, comme nous l'avons indiqué précédemment.

Voici le détail des dépenses de traction :

Traction proprement dite.

Personnel pendant le service.	24,718f 25	46,811f 69.
Combustible.	18,236 94	
Graissage des machines et voitures.	2,986 90	
Graissage de la crémaillère.	869 60	

Entretien du matériel.

Personnel en hiver.	11,661f 50	34,618f 80.
Entretien des machines.	20,578 55	
Entretien des voitures.	1,794 91	
Divers.	583 84	
		81,430f 49.

La proportion élevée des dépenses d'entretien des machines est due en partie au changement de la chaudière d'une des premières machines.

En résumé les dépenses de traction se montent à 4 fr. 02 par kilomètre de train, dont 0 fr. 90 pour le combustible. Nous avions indiqué pour 1880 les chiffres de 3 fr. 43 et 0 fr. 85. On sait que la ligne de 7 kilomètres de longueur environ franchit une distance de niveau de 1,311 mètres.

Un détail des locomotives américaines. — On sait que les abris des locomotives américaines, les *cabs*, comme on les appelle aux États-Unis, sont toujours en bois et forment généralement des ouvrages de menuiserie très soignés. La combustibilité de cette matière présente une source de danger qui a été récemment mise en lumière par quelques accidents.

Le 21 octobre dernier, sur le « Pennsylvania-Railroad, » un train quittait Jersey-City et approchait du pont tournant de Hackensack. Le mécanicien ferma son régulateur au moment où la porte du foyer était entr'ouverte. Immédiatement celle-ci s'ouvrit complètement et un énorme jet de flamme et de fumée en sortit. Le chauffeur se sauva sur le tender, mais le mécanicien ne fut pas aussi heureux. Il fut fortement brûlé à la figure et aux mains et put toutefois s'échapper, non toutefois, paraît-il, sans avoir manœuvré le frein Westinghouse, ce qui amena l'arrêt immédiat du train. Le bois du cab prit feu et fut à peu près complètement brûlé avant qu'on put éteindre l'incendie à grand renfort de seaux d'eau.

On a attribué la cause première de l'accident, c'est-à-dire la sortie de la flamme par la porte du foyer, au fait que la machine était munie d'une disposition de soupapes de sûreté dites *silencieuses* dans laquelle la vapeur qui sort des soupapes passe dans la boîte à fumée par un tuyau percé de petits trous dirigés vers le bas pour que la vapeur n'agisse pas de manière à activer le tirage comme dans un souffleur; il en résulte que cet échappement peut, dans certaines circonstances, produire dans la boîte à fumée une pression qui est de nature à refouler à un moment donné les gaz dans les tubes et dans la boîte à feu.

Ce fait a causé une certaine émotion aux États-Unis, et a amené l'insertion dans le *Railroad Gazette* d'une lettre où on trouve quelques détails intéressants. L'auteur explique que ce genre d'accident, moins rare qu'on est porté à le croire, peut provenir d'autres causes que des soupapes de sûreté ayant leur échappement dans la boîte à fumée.

Dans les régions où on brûle des charbons bitumineux, on a vu quelquefois le cône intérieur de la cheminée tomber et fermer complètement celle-ci. Mais lorsque les charbons sont sulfureux et en même temps riches en hydrocarbures, la grille à flammèches de la cheminée s'encrasse souvent, de telle sorte que les gaz ne peuvent plus passer. Ainsi, sur le « Chicago, Burlington and Quincy Railroad, » on a observé le fait suivant : sur la partie sud de la section Burlington, « Cedar Rapids and Northern Railway, » il y a une rampe de 13 millièmes sur près de 5 kilomètres, où les machines doivent faire de la vapeur et qu'on n'aborde, par conséquent, qu'avec les chaudières pleines et le foyer bien chargé. Une machine s'engageait un jour sur cette rampe avec le niveau d'eau très élevé lorsque la cheminée se boucha brusquement. Précisément, au même moment, le chauffeur ouvrait la porte du foyer, il en jaillit une colonne de flamme et de fumée. Le chauffeur et le mécanicien s'enfuirent sur le tender, non sans quelques brûlures. La flamme embrasa le cab et le détruisit en quelques instants, ainsi que toutes les garnitures de l'arrière de la chaudière. Lorsqu'on examina plus tard la cheminée, on trouva la grille du haut complètement obstruée par un dépôt de matière résineuse.

Il paraît que ce genre d'accident n'est pas très rare dans l'Ouest; on attribue la formation brusque de ce dépôt à l'action de l'eau entraînée par l'échappement qui refroidit le grillage et condense les vapeurs sulfureuses

contenues dans les gaz de la fumée. Cette condensation produit une matière visqueuse qui agglomère les particules solides de charbon et de cendres et forme un mastic qui obstrue entièrement les toiles métalliques ou grillages. Il semble en tout cas que cet effet se manifeste particulièrement lorsque la vaporisation est très active et qu'il se produit des entraînements d'eau, comme dans le cas qui a été signalé plus haut. Il est d'ailleurs probable que la disposition spéciale des cheminées américaines facilite ce genre d'accident.

Expériences sur des locomotives américaines. — Il a été fait, en juillet 1882, par les soins et sous la direction de M. George H. Barrus, sur le « Boston and Albany Railroad, » des essais comparatifs sur des locomotives à voyageurs. Nous donnons ci-après les faits généraux qui se dégagent de ces essais reproduits en détail et avec diagrammes d'indicateur dans le *Railroad Gazette.*

Les machines soumises à ces essais portent les numéros 129, 169 et 150.

Les deux premières ont plus de surface de grille et de chauffe que la dernière et fonctionnent à pression plus élevée; voici, du reste, les éléments des trois chaudières.

	Nos 129 et 169	No 150
Surface de grille.	1,62	1,49
Nombre de tubes.	221	175
Longueur des tubes. . . .	3,33	3,38
Surface de chauffe.	115,80	94,10
Pression.	11kg,5	9kg,0

Les cylindres de ces trois machines ont les mêmes dimensions, 0m,455 de diamètre et 0m,560 de course. Les roues motrices ont 1m,744 de diamètre. Les machines 129 et 150 ont des tiroirs ordinaires et la machine 169 des tiroirs à canal du système Allen. Le mécanisme de commande est la coulisse ordinaire de Stephenson.

On s'est proposé de déterminer : 1° le charbon dépensé; 2° l'eau vaporisée à la chaudière, et 3° la puissance développée dans les cylindres à l'indicateur.

Les résultats généraux déduits de ces expériences sont les suivants :

Utilisation relative des chaudières. — La chaudière de la machine 150 a donné d'abord une production plus élevée de vapeur par kilogramme de combustible que celle de la machine 129, 5,64 et 5,86 au lieu de 5,42 et 5,54; comme la vaporisation par mètre carré était plus grande dans la machine 150, ce qui devait rendre la chaudière moins économique, il faut donc qu'il y ait eu quelque condition qui ait fait plus que compenser cette cause d'infériorité; c'est probablement une différence dans la qualité du

combustible; car, dans des essais faits un autre jour avec la machine 129, on a trouvé une différence considérable de consommation.

En somme, la vaporisation moyenne de la machine 159 a été trouvée de 5,75 d'eau pour 1 de combustible et celle de la machine 120 de 6,55, ce qui donne en faveur de la seconde une économie de 14 pour 100.

Résultats comparatifs des machines 129 *et* 169. — On sait que les tiroirs Allen ont pour but de donner une plus grande section de passage et par suite de réduire l'effet de laminage de la vapeur. Cette réduction et l'avantage qui en résulte peuvent être appréciés : 1° par la forme des diagrammes d'indicateur ; 2° par la réduction de la dépense de vapeur mesurée sur le diagramme ; 3° par la réduction de la dépense d'eau d'alimentation par cheval indiqué et par heure.

1° L'examen des diagrammes d'indicateur relevés sur les machines indique des tracés un peu plus nourris pendant la période d'admission pour la machine 169 portant des tiroirs à canal. Ainsi, avec la même pression à la chaudière, les diagrammes de la machine 169 donnent $0^{kg},110$ de pression de plus à l'introduction et $0^{kg},400$ de plus à la fermeture à l'admission que dans la machine 129. On a ainsi une pression moyenne pour toute la course supérieure de $0^{kg},08$. S'il ne se produisait dans les cylindres aucun phénomène accessoire, cet accroissement de pression serait obtenu gratuitement et on économiserait environ 2 pour 100 à puissance égale.

2° En calculant la vapeur présente au cylindre à la fin de la période d'admission, on a trouvé pour les machines 129 et 169 respectivement 19,63 et 19,39 ; la différence est donc de 1,2 pour 100 en faveur de la dernière ; mais, à la fin de la détente, on trouve plus de vapeur pour celle-ci que pour la première, 20,59 au lieu de 20,30. Ces différences sont très faibles et l'avantage du tiroir Allen est peu considérable, si même il existe à ce point de vue.

3° On a trouvé pour la dépense d'eau d'alimentation, par cheval indiqué et par heure, $11^{kg},62$ pour la machine 129 et $11^{kg},10$ pour la machine 169. C'est une différence de 4,5 pour 100 en faveur de la seconde. La différence entre ce chiffre et celui qu'on a obtenu avec les diagrammes peut s'expliquer par des fuites aux pistons et aux tiroirs ou par des pertes d'eau aux injecteurs. L'auteur croit pouvoir admettre que l'économie en faveur des tiroirs Allen se monte à 2 pour 100. On peut toutefois considérer qu'avec ce système on obtient une aire de passage de la vapeur plus grande avec une course moindre du tiroir, et que par conséquent on gagne quelque chose sur le travail consommé par le mouvement des tiroirs ; mais c'est probablement peu de choses.

Influence relative des pressions de $11^{kg},5$ *et de* $9^{kg},0$. — Les dépenses de vapeur par cheval indiqué et par heure mesurées à la fin de l'admission

ont été de $10^{kg},29$ pour la machine 150 et de $8^{kg},89$, pour la machine 129, soit 13,67 pour 100 d'économie en faveur de la pression la plus élevée.

Si on considère les dépenses d'eau d'alimentation par cheval indiqué et par heure, on trouve $12^{kg},23$ pour la machine 150 et $11^{kg},62$ pour la machine 129, soit 5 pour 100 de différence en faveur de la dernière. Cette différence de résultats peut tenir en partie à ce que l'expansion était moindre dans la machine 150 et qu'il y avait, par conséquent, moins de condensation, phénomène dont les diagrammes ne tiennent pas compte. Les fuites possibles avaient également moins d'effet dans la machine 150, ce qui contribue à réduire la différence.

En somme, on ne peut pas évaluer à plus de 7,5 pour 100 l'avantage de l'accroissement de la pression à la chaudière dans les limites indiquées ci-dessus.

Si on admet pour la dépense d'eau par cheval indiqué et par heure de la machine 150, $12^{k},23$ et la production de vapeur par unité de poids de combustible de 5,75, on arrive à une consommation de combustible par cheval et par heure de $2^{k},13$. Pour la machine 129, ces chiffres seraient respectivement 11,32, 6,55 et pour la consommation de charbon par cheval indiqué et par heure $1^{k},70$. Comme résultat final, la machine 129 donnerait par rapport à la machine 150 une économie de 16 pour 100.

Les résultats les plus favorables obtenus avec la machine 169 donneraient une dépense de charbon par cheval indiqué et par heure de $1^{k},58$.

Il ne nous paraît rien ressortir de bien net de ces expériences, d'ailleurs très peu prolongées (les plus longues ont duré cinq heures et quelques-unes moins d'une heure); presque tous ces résultats se traduisent par des différences minimes, et on comprend facilement que bien des personnes puissent être conduites à admettre que les locomotives ont à peu près atteint la perfection en ce qui concerne l'utilisation de la vapeur.

Ce que nous croyons intéressant de signaler est qu'avec des admissions de 0,30 à 0,40 de la course, le rapport du poids de vapeur à la fin de l'admission au poids de l'eau d'alimentation a varié de 0,76 à 0,84, et le rapport du poids de vapeur à la fin de la détente au poids d'eau d'alimentation de 0,80 à 0,86. On voit que cette différence est loin d'être négligeable et s'accorde parfaitement avec les résultats de toutes les expériences faites jusqu'ici sur les machines locomotives.

Machines marines à triple expansion. — Nous avons dans la chronique de mai, page 620, indiqué l'emploi des machines à triple expansion réalisé en Angleterre depuis quelque temps par M. Kirk, d'une part, et par M. Taylor, de l'autre. Nous trouvons dans les *Transactions of the Institution of Engineers and Shipbuilders of Scotland*, volume XXV, une communication sur ce dernier type de machines faite, dans la séance du 21 mars de cette année, par M. R. Douglas, de Kirkcaldy.

L'auteur expose que la maison dont il fait partie a construit, il y a

quelques années, sur les spécifications de M. Alexander Taylor de New-castle-on-Tyne, une machine Compound à triple expansion pour le yacht à vapeur *Isa* appartenant au « Royal Thames Yacht Club. » Ce yacht de 35 mètres de longueur, jaugeant 248 tonneaux, a reçu une machine à trois cylindres, dont deux superposés agissant sur un coude de l'arbre et le troisième cylindre sur un autre coude à angle droit avec le premier. Ces cylindres avaient respectivement pour diamètre $0^m,253$, $0^m,382$ et $0^m,712$; la course étant pour tous de $0^m,610$. La chaudière, de $2^m,66$ de diamètre et $2^m,60$ de longueur, contenait 2 foyers circulaires et 106 tubes de 70 millimètres; elle fonctionnait à une pression de 8 1/2 kilogrammes. La puissance indiquée atteignait 200 chevaux. Les résultats économiques ont été des plus satisfaisants. La machine de l'*Isa* a été décrite et illustrée, en 1879, dans l'*Engineering* et dans la *Revue industrielle*.

Les mêmes constructeurs ont, il y a peu de temps, monté une machine du même type, mais de plus grande puissance, sur le steamer *Claremont*, de 54 mètres de longueur, 90 chevaux de puissance nominale et 672 tonneaux de jauge brute, appartenant à une maison de Newcastle; un appareil semblable a été construit depuis pour les mêmes armateurs.

Cette machine a trois cylindres dont les diamètres respectifs sont de $0^m,363$, $0^m,515$ et $1^m,012$. La course des trois pistons est de $0^m,840$. Les deux premiers cylindres, dont le plus petit est au-dessus de l'autre avec tige de pistons commune, ont des cylindres intérieurs rapportés en fonte dure et des enveloppes de vapeur. Le cylindre supérieur repose sur trois colonnes en fer qui le relient au cylindre inférieur; celui-ci a son couvercle en deux pièces pour permettre de sortir le piston sans démonter les parties principales.

Les tiroirs sont en fonte; ceux des deux premiers cylindres sont équilibrés par une membrane métallique du système Dawes, lequel donne de bons résultats, paraît-il. Le tiroir du troisième cylindre est à double orifice. Il y a un réservoir intermédiaire entre les deux cylindres comme dans les machines Compound ordinaires à deux cylindres et manivelles à angle droit.

Le condenseur à surface a une surface de refroidissement de 60 mètres carrés; les tubes sont assemblés avec des presse-étoupes à garniture de coton dans des plaques en cuivre de 25 millimètres d'épaisseur.

La pompe à air est à simple effet avec clapets métalliques de Kinghorn; la pompe de circulation a des clapets semblables, mais elle est à double effet.

Les portées de l'arbre ont $0^m,210$ de diamètre et $0^m,330$ de longueur; les boutons de manivelles ont $0^m,210$ de diamètre et $0^m,230$ de longueur.

L'hélice en fonte a $3^m,65$ de diamètre et $4^m,25$ de pas; les ailes sont légèrement recourbées vers l'arrière.

La chaudière est établie pour fonctionner à une pression de 10,5 kilogrammes. Elle a $3^m,55$ de diamètre moyen et $3^m,05$ de longueur; elle

contient 3 foyers circulaires et 182 tubes en fer de 80 millimètres de diamètre extérieur. L'enveloppe est formée de deux viroles de tôle d'acier Siemens de 28 millimètres d'épaisseur formées chacune de trois tôles; les joints circulaires sont à double rang et les joints longitudinaux à triple rang de rivets de 28 millimètres en acier. Tous les trous de rivets sont percés au foret.

La chaudière est essayée à froid, à 21 kilogrammes et à chaud à 13. La surface de chauffe est de 121 mètres carrés, elle est recouverte d'une couche de laine minérale retenue par une enveloppe en tôle mince galvanisée.

Le *Claremont* a réalisé aux essais une vitesse de 9 1/2 nœuds avec 79 tours d'hélice par minute, les machines développant 446 chevaux indiqués. La pression se maintenait facilement et la consommation en charbon de Newcastle a été trouvée approximativement de $0^k,590$ par cheval indiqué et par heure.

A la communication de M. Douglas sont joints des diagrammes relevés à l'indicateur Richards sur les trois cylindres.

Avec une admission des 3/4 de la course, la pression moyenne effective au premier cylindre est de $4^k,13$ et la puissance indiquée de 121,18 chevaux. Au second cylindre, l'admission est aux 3/4 de la course; la pression moyenne effective est de $2^k,53$ et la puissance développée de 151,1 chevaux indiqués. Enfin au troisième cylindre avec admission pendant la moitié de la course, on a une pression moyenne de $0^k,74$ et une puissance de 173 chevaux indiqués.

La puissance totale est ainsi de 446,8 chevaux indiqués, dont 272 sur la manivelle actionnée par les deux premiers cylindres et 173 sur la manivelle à basse pression. Il y a là une inégalité d'efforts qui constitue une objection à ce système.

Notre collègue, M. Normand, qui, comme nous l'avons indiqué dans un précédent article (Chronique de mai 1882), a construit des machines à triple expansion plusieurs années avant les Anglais, a, dans ses derniers modèles, tourné la difficulté en employant deux cylindres à basse pression opérant ensemble la troisième phase du travail, et surmontés l'un par le premier cylindre et l'autre par le second. On réalise ainsi sensiblement l'égalité d'effort sur les deux coudes.

Dans la machine du *Rapide* du Rhône, les volumes relatifs des divers cylindres (les deux derniers ne comptant que pour un seul) sont : 1; 2,23 et 5,50. Dans la machine du *Claremont*, les volumes relatifs des trois cylindres sont : 1, 2 et 3,86, rapports notablement plus faibles que dans la machine française, bien que la pression à la chaudière soit beaucoup plus élevée : $10^{kg},5$ au lieu de 6.

La chaudière du *Claremont* avec ses accessoires pèse 31 tonnes, la machine 60, ce qui fait 91; ce poids correspondrait à 200 kilogrammes environ par cheval indiqué, chiffre qu'on peut regarder comme déjà élevé pour un appareil fonctionnant à 80 tours par minute.

Il paraît, d'après les déclarations de M. Douglas, qu'on n'a pas éprouvé de difficultés avec les cylindres à haute pression dont le graissage s'est toujours bien opéré et qui ont pris un très beau poli.

Les membres qui ont pris part à la discussion semblent avoir été d'avis à peu près unanime que l'élévation des pressions employées dans les machines marines entraînait la nécessité de la division de l'expansion entre plusieurs cylindres. Le président, M. Jamieson, a rappelé qu'il avait, il y a quelques années, fait une machine à triple expansion à trois cylindres accolés agissant chacun sur une manivelle pour le steamer *Propontis*. Cette machine fonctionnait à 9 kilogrammes de pression et la vapeur était fournie par des chaudières à tubes de Rowan. Ces chaudières n'ayant pas donné de bons résultats ont dû être remplacées par des chaudières ordinaires marchant à 5 1/2 kilogrammes; et les machines continuent à donner d'excellents résultats. MM. R. Napier et fils ont récemment construit des machines de ce type pour le steamer *Aberdeen*, lesquelles ont donné une économie très remarquable. Il est évident qu'avec les progrès déjà réalisés il sera de plus en plus difficile de réduire la consommation d'une manière appréciable. La plupart des machines Compound marines actuelles ne brûlent pas beaucoup plus de $0^k,800$ à 1 kilogramme par cheval et par heure; c'est beaucoup que de pouvoir descendre à $0^k,600$ ou $0^k,700$. Il y a cent ans, Watt garantissait pour ses machines à rotation une consommation de 4,5 kilogrammes, et ce chiffre est resté sensiblement stationnaire jusqu'à une époque qui n'est pas très éloignée. On peut dire toutefois qu'il n'est aucun progrès réalisé actuellement dans les machines marines qui n'ait été déjà proposé il y a vingt-cinq ou trente ans; mais il a fallu les perfectionnements dans la construction mécanique et surtout une forte dose d'initiative et de hardiesse chez les constructeurs, et encore plus chez les armateurs, pour que ces progrès aient pu passer dans la pratique et amener les prodigieux résultats dont nous avons été témoins.

Le procédé Bessemer aux États-Unis. — Les rapports publiés au mois de juillet 1882, par l'*American Iron and Steel Association*, comparés avec ceux de 1880, montrent un accroissement de production des aciéries qui semble de nature à exercer une influence importante sur les cours du fer et de l'acier dans un avenir très prochain.

Voici le résumé de la situation aux deux dates :

DÉSIGNATION.	15 mars 1880	15 juillet 1882
Nombre d'aciéries en travail	11	14
Nombre de convertisseurs	22	36
Capacité des convertisseurs	138	254
Production annuelle des aciéries en tonnes nettes	1.250.000	2.150.000
Production moyenne par convertisseur et par an	56.818	59.722

On remarquera que l'accroissement de production est à peu près en rapport avec celui du nombre des convertisseurs et non avec l'augmentation de capacité de ceux-ci. La raison principale de ce fait est que le nombre des convertisseurs d'une usine, multiplié par la capacité de ces convertisseurs, n'est pas la mesure réelle de la production de l'usine. Trois convertisseurs de 10 tonnes n'ont pas une puissance de production double de celle de deux convertisseurs de 7 tonnes, parce qu'avec trois appareils en ligne il y a plus de temps perdu qu'avec deux, et le nombre des opérations par jour n'est pas plus grand. Dans quelques aciéries anglaises, on met maintenant quatre convertisseurs en ligne dont deux sont constamment en réserve, la production n'est pas plus considérable qu'avec le système américain à deux convertisseurs.

Un accroissement de capacité de production de 900,000 tonnes par an ou 72 pour 100 en deux années est un fait qui doit appeler l'attention, qu'il y ait ou non probabilité de voir, dans un avenir rapproché, les demandes s'élever au niveau de cette énorme capacité de production. Il n'est donc pas sans intérêt de rechercher quelle a été la marche ascendante de la production réelle dans les dix dernières années.

Voici les chiffres depuis 1872 :

ANNÉES.	TONNES NETTES.	
	DE LINGOTS.	DE RAILS.
1872	120.108	94.070
1873	170.652	129.015
1874	191.933	144.944
1875	375.517	290.863
1876	525.996	412.461
1877	560.587	432.169
1878	732.226	550.398
1879	928.972	683.964
1880	1.203.173	954.460
1881	1.539.157	1.330.302

Les rapports de l'*Iron and Steel Association* avaient indiqué les estimations ci-dessous pour les lingots :

	Tonnes nettes.
1er septembre 1878.	750,000
15 mars 1880.	1,250,000
15 juillet 1882.	2,150,000

On voit que ces estimations se sont, pour 1878 et 1880, trouvées singu-

lièrement d'accord avec la production réelle. Il est donc probable, d'après ces précédents, que la production réelle pour 1882 ne différera pas beaucoup de 2 millions de tonnes nettes.

Mais le placement de la production se fera peut-être moins facilement que par le passé, et on peut le supposer d'après la baisse de près de 25 pour 100 qui s'est produite depuis le commencement de l'année. Ainsi en janvier 1882, les rails d'acier étaient cotés 58 dollars la tonne sur le marché de Philadelphie, et, en octobre, des affaires ont été traitées à 45. Cette baisse tient en partie au ralentissement de la construction des chemins de fer.

On peut conclure de là que les aciéries Bessemer seront bientôt obligées de chercher de nouveaux débouchés ou de modérer leur production. Ce dernier parti conduira à l'élévation des prix de revient, car il y a un certain nombre de constantes qui restent les mêmes, quels que soit les productions, taxes, assurances, direction, intérêts, etc. Il est préférable de chercher la solution dans l'élargissement du marché de l'acier, et notamment dans la substitution de celui-ci au fer.

On peut obtenir de l'acier en barres à meilleur compte que du fer en barres, car le procédé pour faire les lingots Bessemer est plus économique que le puddlage; si donc cette différence de prix n'est pas actuellement réalisée, c'est parce que la demande de l'acier en barres laminées n'est pas suffisante pour alimenter une fabrication courante, d'autant plus que le laminage de certains aciers exige l'emploi de laminoirs spéciaux.

Cette situation devra nécessairement se modifier, et on peut s'attendre à voir les aciéries s'équiper pour remplacer les ordres de rails lorsqu'ils viendront à manquer par la fabrication des aciers pour ponts, wagons, boulons, rivets, chaînes, arbres, cornières, fers à cheval, tubes, tôles et toutes espèces de pièces pouvant être obtenues au laminoir.

Il y a déjà un débouché sérieux dans le fil d'acier dont on emploie de très grandes quantités pour clôtures. Ce fil n'est pas plus cher actuellement que le fil de fer, si même il n'est meilleur marché. On peut suivre avec fruit cet exemple pour la production en grandes quantités d'un autre article manufacturé en acier. Il est donc très probable que les aciéries, se trouvant entre l'alternative du ralentissement de la production ou la recherche de nouveaux débouchés, se lanceront avec énergie et sans hésitation dans cette dernière voie et que le remplacement du fer par l'acier pour une foule d'applications n'est plus qu'une question de temps.

Filtration des vapeurs. — On peut filtrer des vapeurs pour les séparer des liquides avec lesquelles elles sont mélangées comme on filtre des liquides pour les séparer des matières solides qu'ils contiennent. Le *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure* indique le procédé proposé dans ce but par le Dr Möller.

L'appareil se compose de tubes perforés, couverts à l'extérieur par plusieurs épaisseurs de toile métallique très fine, et disposés verticalement

dans un récipient de forme appropriée. Le mélange de vapeur et de liquide accède librement à l'extérieur des tubes, tandis que le liquide tombe au fond du récipient. Cet appareil a été appliqué à la distillation, à la fabrication des produits dérivés du goudron, à la production de la vapeur sèche. Dans ce dernier cas, les tubes sont fixés à une plaque tubulaire placée dans le dôme et pendent dans la chambre de vapeur.

La section de passage doit être assez grande pour qu'il ne se produise pas de perte de charge sensible, la vapeur devant circuler avec une faible vitesse.

COMPTES RENDUS

ACADÉMIE DES SCIENCES.

Séance du 4 décembre 1882.

Note de M. l'amiral Bourgois sur l'**Effet de l'huile pour calmer l'agitation de la mer**. — On s'occupe beaucoup aujourd'hui de la question de l'influence exercée par l'huile répandue à la surface de la mer pour en calmer l'agitation[1]. Il semble, d'après l'auteur, y avoir des doutes sérieux sur la valeur des résultats pratiques obtenus jusqu'ici. Il y a en tous cas une distinction à établir entre les deux phénomènes dont la superposition constitue la vague ou la lame.

Le premier et le plus important, parce qu'il agite les eaux à une grande profondeur, est le mouvement orbitaire des molécules liquides, d'où résulte la succession des ondes qui frappe nos yeux; mouvement produit par l'effort prolongé du vent et qui souvent se propage à de très grandes distances des parages où le vent a soufflé et se continue longtemps après qu'il a cessé.

1. On nous permettra de rappeler que l'article que nous avons donné dans la chronique d'avril 1882, page 492, d'après la revue anglaise *The Nineteenth Century*, article qui a généralement été reproduit sans aucune indication de provenance, a probablement été le point de départ de l'agitation qui s'est faite récemment autour de cette question, et dont nous trouvons la trace jusqu'à l'Académie des sciences.

Le second de ces phénomènes est le mouvement de translation horizontale des particules de la surface liquide qui, lorsqu'elles arrivent à la crête des lames, s'y désagrègent sous l'effort du vent et prennent par leur mélange avec l'air la couleur blanchâtre de l'écume. Elles retombent ensuite en avant de la crête sous forme de volutes dont les dimensions sont en rapport avec la force du vent et la grosseur des lames.

Lorsque, le vent ayant cessé, le premier phénomène se produit seul, c'est la *houle* qui fait rouler les navires, mais n'est dangereuse que pour les obstacles fixes.

Aucun des faits récemment cités ne paraît prouver une action sensible de l'huile sur ces ondulations.

Le second phénomène constitue le *brisant*. On l'observe en haute mer dès que la brise commence à souffler et il devient plus marqué à mesure qu'elle fraîchit. Il peut être dangereux pour les embarcations et même pour les grands bâtiments.

Il est incontestable que la présence de l'huile peut empêcher les particules liquides de se désagréger sous l'influence du vent et, par conséquent, de former le brisant. C'est à l'expérience à apprendre dans quelle mesure la propriété que possèdent les matières huileuses d'empêcher, non la formation des vagues, mais celles de leurs brisants, peut être utilisée dans l'intérêt des navigateurs.

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

OCTOBRE 1882.

Rapport de M. Ch. Lavollée sur **diverses communications relatives aux habitations ouvrières.**

Rapport de M. Gruner sur la **lampe de sûreté de M. Birkel**.

On sait que les lampes employées dans les mines à grisou sont de deux espèces; les unes, comme la lampe primitive de Davy, sont entourées, sur toute leur hauteur, d'un treillis métallique plus ou moins fin; les autres, en vue d'un meilleur éclairage, sont munies à la base, en face du bec, d'un court cylindre en cristal convenablement protégé par de gros fils de fer et solidement relié à la toile métallique placée au-dessus.

Ces lampes signalent la présence du gaz, mais ne préviennent pas les explosions, car si la lampe est conservée dans le milieu explosif, le treillis devient rapidement incandescent par la combustion du gaz à l'intérieur même de la lampe et l'inflammation se transmet à l'atmosphère extérieure.

La lampe de M. Birkel appartient au type à cylindre de cristal ; elle est disposée de façon — tout au moins dans certaines conditions — à s'éteindre spontanément dans une atmosphère explosive. Elle comporte un double étui en fer-blanc recouvrant complètement le treillis métallique. L'étui intérieur est fixé directement sur le treillis tandis que l'étui extérieur peut glisser à frottement doux autour de l'autre.

Il y a des fentes de 1 centimètre de large, qui, lorsqu'elles sont en face les unes des autres permettent la sortie des produits de la combustion ; si au contraire, on tourne l'étui mobile de manière à supprimer tout passage la lampe s'éteint. Mais ce mouvement de l'étui mobile doit être effectué par l'ouvrier lorsqu'il reconnaît la présence du grisou à des signes bien connus, tels que l'auréole bleue autour de la flamme blanche. Toutefois M. Birkel a constaté que si on réduit la largeur des fentes dont il vient d'être question à 6 ou 7 millimètres, il n'arrive plus assez d'air pur pour entretenir la combustion du bec, dès que l'atmosphère devient explosive, de sorte que la lampe s'éteint spontanément dans ces conditions.

Cette lampe peut rendre d'utiles services et elle en a certainement rendu à la mine de Pechelbronn, où elle est en usage depuis deux ans, mais cependant on ne peut pas dire qu'elle présente une sécurité absolue aux mains du simple mineur parce qu'il est difficile d'admettre que celui-ci s'astreindra à ramener la largeur des fenêtres à 6 ou 7 millimètres au lieu de leur laisser leur largeur normale.

Notice sur la **Vie et les travaux de A. Poitevin**, par M. Davanne.

Note sur le **Commerce des laines brutes**, filées et tissées, en Angleterre, par M. Simon. — En 1814, l'Angleterre importait 165 balles de laine de ses colonies d'Australie; en 1881, elle a importé 932,000 balles d'Australie et 194,000 du Cap, total 1,126,000 balles. Le poids moyen de ces balles étant de 152 kilogrammes, on voit que le commerce des laines coloniales représente pour l'Angleterre un fret de 171,266 tonnes et une valeur de 576 millions de francs, à raison de 3 fr. 36 le kilogramme, valeur moyenne.

Les exportations de laines anglaises filées (cardées ou peignées) se chiffrent, en 1881, par 80 millions de francs et le total des tissus (cardés et peignés), vendus à la consommation étrangère, se monte, pour 1881, à 189 millions de francs.

L'exportation en France et en Belgique a passé, de 1880 à 1881, de 45 à 54 millions de francs. Elle est, au contraire, pour les États-Unis, descendue, de 1880 à 1881, de 23 à 21 millions de francs.

Production de la laine en Australie, par M. de Savignon. — La production des colonies australiennes a, pour 1879, été de 38 millions de francs et a été fournie par 7,976,000 moutons.

Note sur le **Travail des aveugles,** par M. Lavauchy-Clarke. — L'auteur indique qu'il y a en France environ 28,000 aveugles dont 27,000 au moins sont dépourvus de toute ressource et condamnés à la misère et à la mendicité.

Les aveugles peuvent cependant exercer des métiers; la Société pour la création d'atelier d'aveugles, fondée en 1881, les occupe au rempaillage des chaises, à la fabrication de la sparterie, des tricots, filets, brosses, objets de vannerie, etc., aux ouvrages de tour; elle a fondé une école professionnelle, rue Basfroid, 11. Cette Société a déjà obtenu de bons résultats et mérite des sympathies et des encouragements.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

NOVEMBRE 1882.

Notice sur la **Traversée du val Saint-Léger** par le chemin de fer de grande ceinture, par M. Geoffroy, ingénieur des Ponts et Chaussées. — Le val Saint-Léger, près Saint-Germain, est franchi par un viaduc métallique de 311 mètres de longueur, servant au passage de la section de Versailles à Poissy, du chemin de fer de grande ceinture. Les conditions géologiques empêchaient de faire un remblai, de sorte qu'on a dû se résoudre à faire un viaduc sur la partie la plus étranglée de la vallée.

L'ouvrage se compose d'une partie métallique en poutre droite de 257 mètres de longueur, portée par trois piles intermédiaires et deux culées à arcades portant la longueur totale de l'ouvrage à 311 mètres.

Le tablier métallique établi pour deux voies est composé de quatre poutres en treillis, une sous chaque file de rails.

Les deux travées du milieu ont 71^{m},25 de portée et les travées extrêmes 57^{m},66. Les poutres ont 5^{m},60 de hauteur. Elles sont formées de semelles de 0^{m},60 de largeur, reliées par des cornières de 125 $\times$ 125 à des âmes verticales de 0^{m},64 sur 0^{m},015 sur lesquelles sont attachées les barres du treillis. Celles-ci sont inclinées à 45 degrés et formées de fers en U, dont la largeur varie entre 0^{m},25 et 0^{m},30, et qui sont les uns d'une seule pièce, les autres de tôle et cornières assemblées. Il y a tous les 4^{m},75 des montants verticaux formés de quatre cornières. Sur les appuis, l'âme de la poutre est une tôle pleine renforcée par des montants verticaux. Le garde-corps est composé d'une poutre en treillis de 1^{m},20 de hauteur portée par les consoles. Le platelage est entièrement métallique et composé de tôles

striées fixées sur leurs quatre côtés par des rivets aux entretoises et semelles des poutres. Ce platelage pèse 50 kilogrammes par mètre carré; il est très résistant et sert de contreventement horizontal supérieur.

Les rails sont fixés sur des longrines en chêne attachées sur les semelles des grandes poutres par deux boulons latéraux serrant une bande de fer plat posée sur la face supérieure de la longrine.

Une passerelle de service correspondant à l'entrevoie est placée à la partie inférieure des deux poutres intermédiaires pour faciliter la visite du tablier.

Il y a sur la culée, du côté de Versailles et sur les trois piles, des appareils de dilatation composés de rouleaux de $0^m,15$ de diamètre et $0^m,80$ de largeur reposant sur une table en fonte. Entre les rouleaux et les semelles des poutres sont deux tables en fonte séparées par un jeu de clavettes et contre-clavettes en fer pour régler le niveau définitif des poutres. Il y a cinq rouleaux sur la culée et huit sur chacune des piles.

Le tablier est en pente de $0^m,010$ par mètre dans le sens de Versailles à Poissy; c'est l'extrémité la plus basse qui est fixe.

Le tablier pèse, y compris le platelage, 1,395,760 kilogrammes dont 1,335,790 de fer. Le poids par mètre courant ressort à 5,124 kilogrammes, qui se décomposent comme suit :

Quatre grandes poutres.	4,141 kilog.
Contreventement.	136
Consoles.	155
Garde-corps.	251
Platelage.	441

Les appareils de dilatation pèsent 71,500 kilogrammes, à quoi il faut ajouter 1,705 kilogrammes de plomb placé sous les plaques de fonte.

La surcharge d'épreuve a été déterminée à raison de 3,720 kilogrammes par mètre courant de voie, soit 1,860 par mètre courant de poutre.

Le tablier a été fourni et mis en place par M. Roussel, constructeur à Paris, à raison de 38 fr. 45 les 100 kilogrammes pour les fers et 25 fr. 50 pour la fonte.

Les travaux de fondation des trois piles du viaduc ont été exécutés à forfait par M. Hersent. Ces fondations devaient être descendues sur la craie à la côte de 30 mètres; le travail a été fait au moyen de caissons métalliques ayant à la base 12 mètres sur $6^m,60$ et 2 mètres de hauteur sous plafond; le plafond de ces caissons était constitué par dix poutres en tôle de $0^m,65$ de hauteur espacées de $1^m,09$ et dont les intervalles étaient remplis de béton. Ce plafond était percé de deux trous de $1^m,05$ de diamètre formant la base des cheminées d'accès.

L'emploi de l'air comprimé ne fut nécessaire que pour les piles 1 et 3. L'extraction des déblais se faisait par des bennes montant et descendant dans les cheminées, et attachés à des câbles en fil de fer actionnés par une locomobile de huit chevaux. Les massifs de maçonnerie étant arrasés aux

cotes de 65^m,31, 56^m,60 et 58^m,89, on voit que la profondeur des fondations était en moyenne de 30 mètres, ce qui porte la hauteur totale des piles à 45 mètres. Les fondations ont été faites à raison de 80 francs le mètre cube. Les culées ont pu être fondées sur le calcaire à une très faible profondeur.

Le tablier métallique a été monté sur une plate-forme de 100 mètres réservée sur le remblai adjacent à la culée de Versailles et lancée sur galets avec un avant-bec de 7 mètres d'avancée. On a, en outre, employé une pile provisoire en charpente intermédiaire dans chaque travée.

Les travaux de fondation des piles ont commencé le 8 juin 1878 et le lançage du tablier a été terminé le 5 février 1880.

La dépense totale a été :

Puits d'essai.	14,956^f 00
Fondations (entreprise Hersent).	432,494 61
Tablier métallique (Roussel).	550,843 40
Maçonneries des parties apparentes des piles et culées.	203,262 14
Travaux en régie.	50,378 11
Total.	1,251,934^f 26

ce qui fait 4,025 francs par mètre courant et 206 francs par mètre carré de surface en élévation avec fondations, ou 135 francs non compris les fondations.

Le Secrétaire-Rédacteur,

A. Mallet.

TABLE DES MATIÈRES

Traitées dans la Chronique de 1882.

ACTION de la vapeur dans les cylindres des machines, mars, I, 332.

AIR (Balistique expérimentale et résistance de l') dans les canons de fusil, août, II, 190; — (Comparaison entre les perforatrices mues par l'eau et par l'), septembre, II, 267.

ALLEMAGNE (Employés de chemins de fer en France et en), janvier, I, 102; — (Locomotives Compound en) et en Angleterre, février, I, 220; — (Canaux de l') du Nord, février, I, 213; juin, I, 720.

ALLEMANDS (Ruptures d'essieux sur les chemins de fer), janvier, I, 102; — (Société des Ingénieurs). octobre, II, 427.

AMÉLIORATION des communications entre l'Angleterre et le continent, novembre, II, 510.

AMÉRICAINS (Annuaires) des mines et de la métallurgie, avril, I, 479; — (Un détail des locomotives), décembre, II, 606; — (Expériences sur les locomotives), décembre, II, 608.

ANGLETERRE (Locomotives Compound en Allemagne et en), février, I, 220; — Production de la houille en), avril, I, 493; — (La marine marchande en), mai, I, 621; — (Amélioration des communications entre l') et le continent, novembre, II, 510.

ANNUAIRES américains des mines et de la métallurgie, avril, I, 479.

APPAREILS de sécurité sur les chemins de fer suisses, octobre, II, 428.

ARLBERG (Tunnel de l'), juin, I, 722; — (Avancement des travaux du tunnel de l'), novembre, II, 514.

ATELIERS d'essais de locomotives, janvier, I, 100; — de construction de Krauss et Cie, à Munich, juin, I, 728.

ATLANTIQUE (Traversée rapide de l'), mai, I, 618; juin, I, 725.

AVANCEMENT des travaux du tunnel de l'Arlberg, novembre, II, 514.

AVARIE (Une cause d') dans les machines marines Compound, février, I, 226; mai, I, 614.

BALISTIQUE expérimentale et résistance de l'air dans les canons de fusil, août, II, 190.

BESSEMER (Le procédé) aux États-Unis, décembre, II, 613.

BOIS (Le) de construction aux États-Unis, juillet, II, 99.

BRONZE (Tiroirs en) phosphoreux, octobre, II, 480.

CANAL maritime de Paris au Havre, juillet, II, 89.

CANAUX de l'Allemagne du Nord, février, I, 213; juin, I, 720.

CANONS (Balistique expérimentale et résistance de l'air dans les) de fusil, août, II, 190.

CATASTROPHE d'Elm, février, I, 215.

CAUSE d'avaries dans les machines marines Compound, février, I, 226; mai, I, 614.

CHALEUR (Utilisation de la) souterraine, octobre, II, 428.
CHARBON (Importation du) anglais en Italie, juillet, II, 100.
CHAUFFAGE des locomotives au pétrole, septembre II, 265.
CHEMINS DE FER à voie étroite de Taviers à Embrezin, janvier, I, 100; — Employés de) en France et en Allemagne, janvier, I, 102; — (Ruptures d'essieux sur les) allemands, janvier, I, 102; — (Un) à voie étroite, février, I, 225; — au Mexique, mars, I, 339; — (Matériel de traction du) du Gothard, avril, I, 482; — (Règlement pour le transit international du matériel roulant des), avril, I, 444; juin, I, 607; — (145 kilomètres à l'heure en), juin, I, 722; — (Appareils de sécurité sur les) suisses, octobre, II, 428; — (Trafic du) du Gothard, octobre, II, 425; — (Vitesse des trains de), novembre, II, 502; — (Résultats d'exploitation des) du Rigi en 1882, décembre, II, 604.
COMBUSTIBLES (Importation des) en Grèce, novembre, II, 512.
COMMUNICATIONS (Amélioration des) entre l'Angleterre et le continent, novembre, II, 510.
COMPARAISON entre les perforatrices mues par l'eau et par l'air, septembre, II, 267.
COMPOUND (Locomotives) en Allemagne et en Angleterre, février, I, 220; — (Causes d'avaries dans les machines) marines, février, I, 226; mai, I, 614; — (Machines) sans condensation, août, II, 193; — (Machines) à triple expansion, décembre, II, 610.
CONGRÈS de la Société technique de l'industrie du gaz, janvier, I, 107; — International d'hygiène et de démographie à Genève, août, II, 187.
CONSTRUCTION (Ateliers de) de Krauss et Cie, à Munich, juin, I, 728; — (Bois de) aux États-Unis, juillet, II, 99; — maritime sur la Clyde, novembre, II, 500.
CORLISS (Machine), système Bouvret, avril, I, 489.
COUDRE (L'origine de la machine à), février, I, 230.
CULMANN (Le professeur), janvier, I, 111.
CYLINDRES (Locomotives à quatre), février, I, 231; — (Action de la vapeur dans les) des machines à vapeur, mars, I, 332.

DESTRUCTION d'une épave par la dynamite, septembre, II, 270.
DÉTAIL (Un) des locomotives américaines, décembre, II, 606.
DÉTERMINATION des points importants sur les diagrammes d'indicateur, juillet, II, 97.
DIAGRAMMES (Détermination des points importants sur les) d'indicateur, juillet, II, 97.
DIFFÉREND au sujet du tunnel du Gothard, février, I, 229.
DISTILLATION de l'eau de mer à Alexandrie, octobre, II, 426.
DISTRIBUTION de Stanek pour machines à vapeur, juillet, II, 94.
DRAGAGES (Travaux de) dans les ports de Calais, Boulogne et Dunkerque, novembre, II, 507.
DYNAMITE (Destruction d'une épave par la), septembre, II, 270.

EAU (Comparaison entre les perforatrices mues par l') et par l'air, septembre, II, 267; — (Distillation de l') de mer à Alexandrie, octobre, II, 426.
ÉCONOMIE dans les machines à vapeur, août, II, 195.
ÉLECTRIQUE (La lumière) aux États-Unis, janvier, I, 105.
ELM (La catastrophe d'), février, I, 215.
EMPLOI de l'huile pour calmer l'agitation de la mer, avril, I, 492.
EMPLOYÉS de chemins de fer en France et en Allemagne, janvier, I, 102.
ENDIGUEMENT de la rade du Havre, juillet, II, 85.
ÉPAVE (Destruction d') par la dynamite, septembre, II, 270.
ESSAIS de machines à vapeur, mars, I, 337.

ESSIEUX (Ruptures d') sur les chemins de fer allemands, janvier, I, 102.
ÉTATS-UNIS (Le système métrique aux), janvier, I, 102; — (La lumière électrique aux), janvier, I, 105; — (Production des métaux précieux aux), juin, I, 726; — (Bois de construction aux), juillet, II, 98; — (Procédé Bessemer aux), décembre, II, 613.
EXPANSION (Machines marine à triple), décembre, II, 610.
EXPÉRIENCES sur les machines à gaz, janvier, I, 106; — sur des locomotives américaines, décembre, II, 608.
EXPLOITATION (Résultats d') du chemin de fer du Rigi en 1882, décembre, II, 604.

FABRICATION du gaz à l'huile, mai, I, 615.
FILTRATION des vapeurs, décembre, II, 615.
FORGE (Une grosse pièce de), juillet, II, 101.
FUSIL (Balistique expérimentale et résistance de l'air dans les canons de), août, II, 190.

GAZ (Expériences sur les machines à), janvier, I, 106; — (Congrès de la société technique de l'industrie du), janvier, I, 107; — (Fabrication du) à l'huile, mai, I, 615.
GOTHARD (Différend au sujet du tunnel du), février, I, 229; — (Matériel de traction du chemin de fer du), avril, I, 482; — (Trafic du chemin de fer du), octobre, II, 425.

HISTOIRE (Une page de l') de la locomotive, mai, I, 612.
HOUILLE (Importation de la) en Italie, juillet, II, 100; — dans la Turquie d'Asie, septembre, II, 262; octobre, II, 421; — en Suède, octobre, II, 424.
HOUILLÈRE (Production) de l'Angleterre, avril, I, 493; — (Industrie) en Autriche, novembre, II, 499.
HUILE (Emploi de l') pour calmer l'agitation de la mer, avril, I, 492; — (Fabrication du gaz à l'), mai, I, 615.
HYGIÈNE (Congrès international d') et de démographie à Genève, août, II, 187.

IMPORTATION de la houille en Italie, juillet, II, 100; — des combustibles en Grèce, novembre, II, 512.
INDUSTRIE houillère en Autriche, novembre, II, 499.
INDICATEUR (Détermination des points importants sur les diagrammes d'), juillet, II, 97.
INGÉNIEURS (Utilité des Sociétés d'), mars, I, 346; — (Société des) allemands, octobre, II, 427.

LAMINOIRS (Machine pour commande de), août, II, 197.
LOCOMOTIVES (Atelier d'essais de), janvier, I, 100; — Compound en Allemagne et en Angleterre, février, I, 220; — A quatre cylindres, système Shaw, février, I, 231; — du chemin de fer du Gothard, avril, I, 482; — (Une page d'histoire de la), mai, I, 612; — (Chauffage des) au pétrole, septembre, II, 265; — (Un détail des) américaines, décembre, II, 606; — (Expériences sur des) américaines, décembre, II, 608.
LUMIÈRE électrique aux États-Unis, janvier, I, 105.

MACHINES (Expériences sur une) à gaz, janvier, I, 106; — (Une cause d'avaries dans les) Compound marines, février, I, 226; mai, I, 614; — (Origine de la) à coudre, février, I, 230; — (Action de la vapeur dans les cylindres des), mars, I, 332; — (Essais de) à vapeur, mars, I, 387; — Corliss, système Bouvret, avril, I, 489; — (Distribution de Stanek pour) à soupapes, juillet, II, 94; — Compound sans condensation,

août, II, 193; — (Économie dans les) à vapeur, août, II, 195; — pour commande de laminoirs, août, II, 197; — marines à triple expansion, décembre, II, 610.

MARINE (Cause d'avaries dans les machines Compound), février, I, 226; mai, I, 614; — marchande en Angleterre, mai, I, 607; — (Machine) à triple expansion, décembre, II, 384.

MARITIME (Canal) de Paris au Havre, juillet, II, 89; — (Construction) sur la Clyde, novembre, II, 500.

MATÉRIEL de traction du chemin de fer du Gothard, avril, I, 482; — (Règlement pour le transit international du) roulant, avril, I, 484; mai, I, 607.

MER (Emploi de l'huile pour calmer l'agitation de la), avril, I, 492; — (Distillation de l'eau de) à Alexandrie, octobre, II, 426.

MÉTALLURGIE (Annuaires américains des mines et de la), avril, I, 479; — (La) en Amérique, septembre, II, 273.

MÉTAUX (Production des) précieux aux États-Unis, juin, I, 726.

MÉTRIQUE (Le système) aux États-Unis, janvier, I, 102.

MEXIQUE (Chemins de fer au), mars, I, 339.

MINES (Annuaires américains des) et de la métallurgie, avril, I, 479.

ORIGINE de la machine à coudre, février, I, 230.

PAGE (Une) de l'histoire de la locomotive, mai, I, 613.

PERFORATION mécanique au tunnel de Laveno, septembre, II, 269.

PERFORATRICES (Comparaison entre les) mues par l'air et par l'eau, septembre, II, 267.

PÉTROLE (Chauffage des locomotives au), septembre, II, 265.

PIÈCE (Une grosse) de forge, juillet, II, 101.

PONT sur l'East-River, août, II, 196.

PORTS (Travaux de dragage dans les) de Boulogne, Calais et Dunkerque, novembre, II, 507.

PRESSION (Solidification des matières très divisées par la), mars, I, 342.

PROCÉDÉ Thomas et Gilchrist en Allemagne, mars, I, 345; — Bessemer aux États-Unis, décembre, II, 613.

PRODUCTION houillère de l'Angleterre avril, I, 493; — des métaux précieux aux États-Unis, juin, I, 726.

PROFESSEUR (Le) Charles Culmann, janvier, I, 111.

PROJET de règlement pour le transit international du matériel roulant, avril, I, 484, mai, I, 607.

RADE (Endiguement de la) du Havre, juillet, II, 85.

RÉSISTANCE (Balistique expérimentale et) de l'air dans les canons de fusil, août, II, 190.

RÉSULTATS d'exploitation du chemin de fer du Rigi en 1882, décembre, II, 379.

RUPTURES d'essieux sur les chemins de fer allemands, janvier, I, 102.

SOCIÉTÉS techniques de l'industrie du gaz, janvier, I, 107; — (Utilité des) d'Ingénieurs, mars, I, 346; — des Ingénieurs allemands, octobre, II, 427.

SOLIDIFICATION des matières très divisées par la pression, mars, I, 342.

STATISTIQUE des téléphones, novembre, II, 513.

SYSTÈME métrique aux États-Unis, janvier, I, 103; — combiné de traction pour forte rampes, mars, I, 340.

TÉLÉPHONES (Statistique des), novembre, II, 513.
THOMAS (Procédé) et Gilchrist en Allemagne, mars, I, 345.
TIROIRS en bronze phosphoreux, octobre, II, 480.
TOUAGE sur la Sprée, septembre, II, 266.
TRACTION (Système combiné de) pour fortes rampes, mars, I, 340.
TRAFIC du chemin de fer du Gothard, octobre, II, 425.
TRANSIT (Réglement pour le) international du matériel roulant des chemins de fer, avril, I, 484; mai, I, 607.
TRAVAUX du tunnel de l'Arlberg, juin, I, 722; novembre, II, 514; — de dragage des ports de Boulogne, Calais et Dunkerque, novembre, II, 507.
TRAVERSÉE rapide de l'Atlantique, mai, I, 618; juin, I, 725.
TUNNEL (Différend au sujet du) du Gothard, février, I, 229; — (Ventilation du) de Saint-Louis, mai, I, 617; — (Travaux du) de l'Arlberg, juin, I, 722; novembre, II, 514; — de l'Hudson, août, II, 197; — (Perforation mécanique au) de Laveno, septembre, II, 269.
TURQUIE (La houille dans la) d'Asie, septembre, II, 262; octobre II, 421.

UTILITÉ des Sociétés d'Ingénieurs, mars, I, 346.
UTILISATION de la chaleur souterraine, octobre, II, 428.

VAPEUR (Une cause d'avaries dans les machines à) Compound marines, février, I, 226, mai, I, 614; — (Action de la vapeur dans les cylindres des machines à), mars, I, 332; — (Essais de machines à), mars, I, 337; — (Machine à) Corliss, système Bouvret, avril, I, 489; — (Distribution de Stanck pour machines à) à soupapes, juillet, II, 94; — (Machines à) Compound sans condensation, août, II, 193; — (Économie dans les machines à), août, II, 195; — (Machines à) pour commande de laminoirs, août, II, 197; — (Machines à) marines à triple expansion, décembre, II, 610; — (Filtration des), décembre, II, 615.
VENTILATION du tunnel de Saint-Louis, mai, I, 617.
VITESSE des trains de chemins de fer, novembre, II, 502.
VOIE (Chemin de fer à) étroite de Taviers à Embrezin, janvier, I, 100; — (Un chemin de fer à) étroite, février, I, 225.

TABLE DES MATIÈRES

DEUXIÈME SEMESTRE — ANNÉE 1882

Acoustique et optique des salles de réunion (Ouvrage de M. Lachez), (séance du 7 juillet). 26

Algérie et les chemins de fer à voies étroites (l'), mémoire par M. Foussset (séance du 3 novembre). 292 485

Brevets d'invention au Brésil (Projet de loi relatif aux), par M. Casalonga (séance du 7 juillet). 28 210

Casernement des troupes, mémoire par M. Tollet (séance du 4 août). 143 et 181

Chemin de fer à voie étroite en Bosnie et en Algérie, par MM. Nordling et Fousset (séances des 7 juillet et 3 novembre). . . . . . . 24, 292 et 485

Chemin de fer Métropolitain de Vienne et de Paris, par MM. Schaller, Soulié, Chrétien, Francq, Mékarski et Guerbigny (séances des 7 juillet, 6-20 octobre et 3 novembre. . . . . 30, 396, 405 et 482

Chemin de fer d'intérêt local (Cahier des charges des), par M. Auguste Moreau (séances du 6 octobre). 384

Chemins de fer construits ou en cours de construction en Hongrie en 1881, par M. Komarnicki. 241

Chemins de fer Austro-Hongrois (Carte représentant graphiquement les données statistiques des), par M. Adolphe d'Eichthal (séance du 1er décembre). 591

Chronique de juillet, août, septembre, octobre, novembre et décembre, par M. A. Mallet. . . . . 84, 186, 262, 421 et 499

Comptes rendus de juillet, août, septembre, octobre, novembre et décembre, par A. Mallet. . . . . 101, 198, 273, 430 et 516

Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences tenu à La Rochelle (séance du 20 octobre). 410

Congrès international d'hygiène tenu à Genève (séances du 20 octobre). 407

Contrôleur de marche des locomotives, système Pouget, par M. Brüll (séance du 3 novembre). 492

Cuivrages des métaux, par MM. Weil et Douau (séance du 21 juillet). 56

Décès : MM. Douine, Lemaréchal, Rancès, Mesdach, Leclanché (Charles), Martin, Benoiste, Desnos et Leroy (Amable), (séances des 7 juillet, 4 août, 6 et 20 octobre). . . . . 24, 174, 379 et 406

Décorations françaises :

Officiers de la Légion d'honneur : MM. Mignon et Nobel.

Chevaliers : MM. Gallois (Charles), Barat, Couvreux, Crespin (Arthur), Evrard (Alfred) et Ollivier (Achille).

Instruction publique, Officiers : M. Dumont (Georges).

Décorations étrangères :

Italie. — Ordre de la *Couronne :* Chevalier, M. Bouveret.

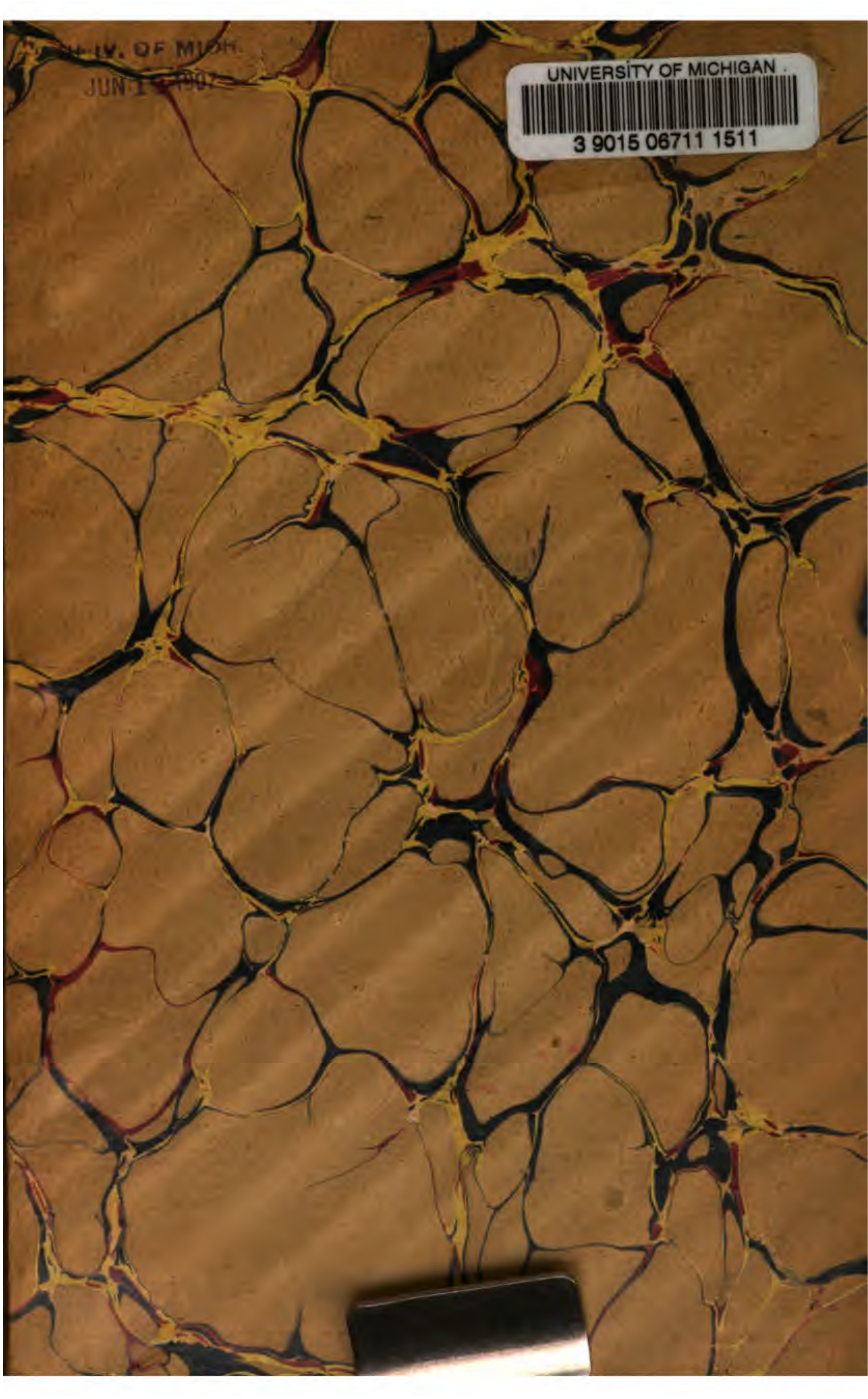
Autriche. — Ordre de *François-Joseph :* Chevalier, M. Armengaud fils aîné.

(Séances des 7 et 21 juillet, 4 août et 3 et 17 novembre). 24, 56 174, 480 et 496

Éclairage de la salle des séances (séance du 7 juillet). 55

Élection des membres du Bureau et du Comité (séance du 15 dé-(cembre). 602
Électricité (Congrès d'), compte rendu par M. Jules Armengaud (séance du 7 juillet). 27
Épuration des eaux d'alimentation des chaudières, note par M. le baron de Derschau. 115
Exposition d'Amsterdam, par M. Jules Armengaud (séance du 1er décembre). 603
Falsifications des denrées (séance du 3 novembre). 480
Legs de 5,000 francs fait à la Société par M. Amable Leroy (séance du 17 novembre). 496
Lois naturelles et positives dans les sciences d'observation (Recherches des), par M. Love (séance du 1er décembre). 594
Médaille d'or décernée à M. Loustau (séance du 1er décembre). 588
Médailles d'or décernées à MM. Jourdain, Monnier (Démétrius) et Hersent (séance du 4 août). 181
Mission scientifique en l'Indo-Chine, par M. Fuchs, ingénieur en chef des Mines, et M. Petiton (séances des 17 novembre et 1er décembre). . . . . 497 et 592
Modèles d'enseignement, par M. Armengaud aîné (séance du 17 novembre). 496
Ostréiculture (Études sur l'), par M. Bouchotte. 250
Port du Havre, par M. Bert (séance du 7 juillet). 41
Port de La Rochelle, par M. Douau (séances des 20 octobre et 3 novembre). . . . . 413 et 481
Prix Nozo décerné à M. Hersent (séance du 4 août). 182
Russie méridionale (Avenir industriel de la), par M. Verdeaux (séance du 4 août). . . . . 121 et 179
Seine fluviale et maritime (La), par M. de Coene (séance 7 juillet). . . . 40
Situation financière de la Société par M. le Trésorier (séance du 15 décembre). 600
Statique, nouvelle démonstration du principe des vitesses virtuelles, par M. Piarron de Mondésir (séance du 21 juillet). . . . 8 et 68
Thermodynamique (Considérations expérimentales sur la), par M. Quéruel (séances des 21 juillet et 2 août). . . . . 70 et 174
Thermodynamique (Mémoire sur la), nouvelle théorie du gaz, par M. Gouilly. 440
Transmissions par câbles métalliques, ouvrage de M. Léauté (séance du 17 novembre). 496
Travaux importants exécutés ou en cours d'exécution en 1881, en Hongrie, par M. Komarnicki. 226
Travaux importants projetés, exécutés ou actuellement en cours d'exécution en Autriche, en 1881, note par M. Reinhardt. 243
Tunnel sous-marin (Creusement du) au moyen d'appareils hydrauliques, système Crampton, par M. Bergeron (séance du 6 octobre). 380 et 528
Voie métallique, système Livesey, par M. Seyrig (séance du 21 juillet). 61

PARIS. — IMPRIMERIE E. CAPIOMONT ET V. RENAULT, RUE DES POITEVINS, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.


UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 06711 1511